



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

GUSTAVO HENRIQUE PINHEIRO SILVESTRE

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS
CINZAS E PLUVIAIS DO EDIFÍCIO SEDE DO CURSO DE MEDICINA DO
CAMPUS RECIFE DA UFPE**

Recife
2018

GUSTAVO HENRIQUE PINHEIRO SILVESTRE

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS
CINZAS E PLUVIAIS DO EDIFÍCIO SEDE DO CURSO DE MEDICINA DO
CAMPUS RECIFE DA UFPE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Pernambuco, como
parte dos requisitos para obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Profº. Dr. Wanderli Rogério Moreira Leite

Recife
2018

Catálogo na fonte

Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

S587a Silvestre, Gustavo Henrique Pinheiro.

Avaliação de desempenho da estação de tratamento de águas cinzas e pluviais do edifício sede do curso de medicina do *Campus* Recife da UFPE / Gustavo Henrique Pinheiro Silvestre. - 2018.

67 folhas, il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Wanderli Rogério Moreira Leite.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento Graduação em Engenharia Civil, 2018.

Inclui Referências e Apêndices.

1. Engenharia Civil. 2. Reuso de água. 3. Água cinza. 4. Água pluvial. 5. Padrões de reuso. 6. Universidade Federal de Pernambuco. I. Leite, Wanderli Rogério Moreira (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-383



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA
CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL**

CANDIDATO: Gustavo Henrique Pinheiro Silvestre

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Wanderli Rogério Moreira Leite

Examinador 1: Leidjane Maria Maciel de Oliveira

Examinador 2: Antônio Gustavo dos Santos Neto

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Avaliação de desempenho da estação de tratamento de águas cinzas e pluviais do edifício sede do curso de medicina do *campus* Recife da UFPE.

LOCAL: Centro de Tecnologia e Geociência

DATA: 06 / 09 / 2018 **HORÁRIO DE INÍCIO:** 11 horas.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: _____(deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) () aprovado(s) (nota > = 7,0), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, **3,0 = < nota < 7,0**, será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) () reprovado(s). (nota <3,0)

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 06 de setembro de 2018

Orientador:

Avaliador 1:

Avaliador 2:

Candidato 1:

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus familiares, especialmente meus pais, que sempre me orientaram e incentivaram de maneira incondicional a buscar o meu melhor seja no âmbito pessoal, acadêmico ou profissional.

À minha namorada e amigos que me apoiaram e que compreenderam minha ausência nesta fase.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Wanderli Moreira Leite, pelo suporte, pelas suas correções e incentivos.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Cada vez mais é possível observar a busca por fontes alternativas de água. No passado, problemas de escassez eram mais evidentes em regiões fora de centros urbanos ou em lugares desprovidos de reservas hídricas abundantes, como o semi-árido brasileiro. Atualmente, o crescimento desordenado das cidades elevou a pressão sobre o uso das reservas naturais de água. A demanda por esse recurso vem se tornando maior do que a capacidade da natureza de repor suas reservas. A utilização de águas cinzas e águas pluviais é uma alternativa para o uso em fins considerados menos nobres (não potáveis) como por exemplo: descarga de vasos sanitários, lavagem de pisos, rega de jardins, resfriamento de máquinas e equipamentos na indústria, entre outros. Com isso, este trabalho tem como objetivo principal a avaliação do desempenho da Estação de Tratamento de Águas Cinzas e Pluviais (ETACP), localizada no prédio sede do curso de medicina da Universidade Federal de Pernambuco, *campus* Recife. A partir de águas cinzas oriundas dos lavatórios dos banheiros da edificação e de águas pluviais coletadas em sua cobertura, a estação produz água suficiente para suprir a maior parte da demanda das descargas dos vasos sanitários no prédio. Foram realizadas análises no período de 30 de maio a 15 de junho de 2017. Foi constatado que, durante o tempo de observação, o efluente da ETACP não atendeu os padrões de qualidade exigidos para o uso em descarga de vasos sanitário. Apesar disso, a ETACP proporcionou melhorias na qualidade da água em relação à turbidez, cor aparente e sólidos suspensos totais, obtendo eficiências médias de tratamento de 73%, 62% e 32%, respectivamente. Nos resultados de salinidade, condutividade e cor real, foram observados aumentos expressivos após o tratamento de 1089%, 942% e 242%, respectivamente. Os resultados obtidos não atestaram a qualidade da água tratada para uso nas bacias sanitárias. A pluviosidade e o pouco tempo de star-up do filtro biológico ascendente influenciaram negativamente na qualidade da água de reuso.

Palavras-chave: Reuso de água. Água cinza. Água pluvial. Padrões de reuso. Universidade Federal de Pernambuco.

ABSTRACT

Increasingly, it is possible to observe the search for alternative sources of water. In the past, water scarcity problems were more evident in regions outside of urban centers or regions without abundant water reserves, such as the Brazilian semi-arid. Nowadays, the disorderly growth of cities has raised the demand on the use of natural water reserves. The demand for this resource has become greater than nature's ability to replenish its reserves. The use of greywater and rainwater proved to be an alternative to less noble uses (non potable), such as: toilet flushing, floor washing, garden irrigation, cooling of machines and equipment in the industry, among others needs. Therefore, this study aims to show the evaluation of the ETACP - Estação de Tratamento de Águas Cinzas e Pluviais (Gray and Rainwater Treatment Plant) performance, located in the headquarters building of the medical course of the Universidade Federal de Pernambuco, Recife campus. From greywater from the lavatories of the building toilets and rainwater collected on its roof the Treatment Plant produces water that supplies almost totally the demand of toilets flushes in the building. Laboratory analyzes were performed in the period from May 30 to June 15, 2017. Was observed that, while the observation time, the effluent of the ETACP does not meet the required quality standards for the use in toilet flushing. Despite this, the ETACP provided improvements in water quality in relation to turbidity, apparent color and total suspended solids values, obtaining mean treatment efficiencies of 73%, 62% and 31%, respectively. In the results of salinity, conductivity and true color, significant increases were observed after the treatment of 1089%, 942% and 242%, respectively. The results obtained didn't attest to the quality of the water treatment for use in the toilet flushing. The rains intensity and the short start time of the ascending biological filter had a negative influence on the quality of the reuse water.

Keywords: Water reuse. Greywater. Rainwater. Reuse standard. Universidade Federal de Pernambuco.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Previsão de disponibilidade hídrica no Brasil (m ³ per capita/ano)	16
Figura 2 - Local de produção de águas cinza e negras em uma residência.	17
Figura 3 - Cisterna para armazenamento de água pluvial com captação pelo telhado	25
Figura 4 - Cisterna para armazenamento de água pluvial com captação por piso.....	26
Figura 5 - Açude para captação e armazenamento de águas pluviais.	26
Figura 6 - Localização do Prédio Sede da Faculdade de Medicina do Recife UFPE.....	29
Figura 7 - Fachadas Norte e Oeste da edificação.	30
Figura 8 - Fachadas Sul e Leste da edificação.....	30
Figura 9 - Ambiente interno (3º pavimento).	31
Figura 10 - Cobertura principal da edificação.	32
Figura 11 - Planta da cobertura da edificação.	32
Figura 12 - Planta das lajes de serviço e da laje dos reservatórios superiores.	33
Figura 13 - Tubo de queda das águas pluviais coletadas na cobertura.	34
Figura 14 - Caixas filtrantes.	35
Figura 15 - Banheiro da edificação.....	36
Figura 16 - Poço de sucção para a câmara de carga.	37
Figura 17 - Módulos da ETACP.....	37
Figura 18 - ETACP em planta.	38
Figura 19 - Reservatórios inferiores.	39
Figura 20 - Recalque para reservatório superior de água de reuso.....	39
Figura 21 - Reservatórios superiores.	40
Figura 22 - Fluxograma do sistema	41
Figura 23 - Hietograma do posto Várzea* durante o período de observação.....	44
Figura 24 - Distância entre a estação pluviométrica e a área de estudo.	44
Figura 25 - Influência da pluviosidade no pH.	47
Figura 26 - Influência da pluviosidade na turbidez.	50
Figura 27 - Influência da pluviosidade nos SST.....	51
Figura 28 - Influência da pluviosidade na condutividade, salinidade e SDT.	53
Figura 29 - Série temporal de cor aparente e cor real (PtCo).	54
Figura 30 - Influência da pluviosidade na cor.	54
Figura 31 - Planta da ETACP com inclusão de etapa de desinfecção.	65
Figura 32 - Ilustração do DesviUFPE.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição de água na Terra	12
Tabela 2 - Disponibilidade hídrica nos estados do Brasil por habitante-ano	13
Tabela 3 - Níveis de atendimento de água e esgoto nas regiões do Brasil	14
Tabela 4 - Consumo médio per capita de água nas regiões do Brasil	15
Tabela 5 - Qualidade das águas cinzas de acordo com a literatura.	18
Tabela 6 - Parâmetros de qualidade da água cinza de reuso pela NBR 13969:1997	21
Tabela 7 - Tratamentos sugeridos pela NBR 13.969:1997.....	21
Tabela 8 - Parâmetros de qualidade de água para reuso pelo manual Conservação e Reuso de Água em Edificação (2005)	22
Tabela 9 - Normas internacionais para o reuso de águas em descarga sanitária	23
Tabela 10 - Qualidade das águas pluviais de acordo com a literatura.....	24
Tabela 11 - Parâmetros de qualidade de água pluviais para usos restritivos não potáveis pela NBR 15527:2007	28
Tabela 12 - Frequência de manutenção dos componentes do sistema de coleta e reaproveitamento de águas pluviais.....	28
Tabela 13 - Especificações das camadas do filtro da ETACP.....	38
Tabela 14 – Variáveis analisadas e respectivos procedimentos aplicados	43
Tabela 15 - Apresentação estatística dos resultados.....	46
Tabela 16 - Resultados das análises de Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml).....	55
Tabela 17 – Resultado da avaliação de qualidade	56
Tabela 18 - Resultados completos das análises de qualidade.....	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO.....	10
1.2	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	CONSUMO E ESCASSEZ DE ÁGUA.....	12
2.2	ÁGUAS CINZAS.....	17
2.2.1	Características gerais.....	17
2.2.2	Reuso de águas cinzas.....	19
2.2.3	Padrões de qualidade para reuso.....	20
2.2.3.1	NBR 13969:1997.....	20
2.2.3.2	Manual Conservação e Reuso de Água em Edificações (2005).....	21
2.2.3.3	Referências internacionais de qualidade de águas cinzas para reuso.....	22
2.3	ÁGUAS PLUVIAIS.....	24
2.3.1	Características gerais.....	24
2.3.2	Uso de águas pluviais.....	24
2.3.3	Normatização no Brasil - NBR 15527:2007.....	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	29
3.1.1	Características gerais do edifício.....	29
3.1.2	Sistema de segregação e coleta de águas cinzas e pluviais.....	31
3.1.3	Estação de tratamento de águas cinzas e pluviais (ETACP).....	36
3.2	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	42
3.2.1	Coleta de amostras in loco.....	42
3.2.2	Análises em laboratório.....	42
3.2.3	Dados pluviométricos.....	43
3.3	AVALIAÇÃO DA ETACP.....	44
3.4	AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE NA VARIAÇÃO DA QUALIDADE DO AFLUENTE.....	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1	RESUMO DE RESULTADOS.....	46
4.2	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	47
4.2.1	pH.....	47
4.2.2	Turbidez.....	49
4.2.3	Sólidos suspensos totais.....	50
4.2.4	Condutividade, salinidade e sólidos dissolvidos totais.....	51
4.2.5	Cor aparente e cor real.....	53
4.2.6	Coliformes totais e termotolerantes.....	55
4.3	ANÁLISE DA QUALIDADE GLOBAL DA ÁGUA.....	56
5	CONCLUSÕES.....	58
6	RECOMENDAÇÕES.....	59
	REFERÊNCIAS.....	60
	APÊNDICE A – RESULTADO COMPLETO DAS ANÁLISES DE QUALIDADE DAS AMOSTRAS NÃO TRATADAS	64
	APÊNDICE B – SUGESTÕES PARA MELHORIA DA ETACP.....	65

1 INTRODUÇÃO

A busca por suprimentos necessários à sobrevivência é inerente a qualquer espécie. A água ocupa uma posição de destaque dada sua essencialidade para a existência e manutenção da vida como a conhecemos em nosso planeta. Para os seres humanos, a necessidade desse recurso não se limita a questões biológicas, faz-se presente, direta ou indiretamente, em todas as atividades realizadas.

Segundo Fiori (2006), o crescimento rápido da população urbana e da industrialização está submetendo a graves pressões os recursos hídricos e a capacidade de proteção ambiental de muitas cidades. Dessa maneira, não só o uso racional, mas também a busca por fontes alternativas de água tem sido uma necessidade. Até mesmo num país com alta disponibilidade hídrica como o Brasil faz-se necessária essa conduta.

A coleta de águas pluviais e reuso de águas servidas, precedidas ou não de tratamento, têm se mostrado uma boa opção quando o objetivo é economizar. A aplicação dessa técnica não é uma novidade em indústrias e grandes empresas. Muitas delas já utilizam esse recurso para fins que não necessitam de água com alto padrão de qualidade como irrigação de jardins e gramados, resfriamento de máquinas e equipamentos, lavagem de pisos, desobstrução de redes de esgoto, desobstrução de galerias pluviais e em descargas de vasos sanitários. Embora atualmente exista avançada tecnologia de tratamento de águas aplicáveis a diferentes tipos de efluentes, a avaliação econômica é o grande atrativo quando o uso dessas águas se destina a fins menos nobres, onde não há contato direto com pessoas.

Em residências e prédios públicos, essa tendência vem lentamente ganhando força. No *campus* Recife da Universidade Federal de Pernambuco, o prédio sede do curso de medicina é exemplo prático do reuso de águas. O edifício foi inaugurado em março de 2017 e conta com um sistema de coleta de águas pluviais e segregação de águas cinzas. A edificação inclui ainda uma estação de tratamento de águas cinzas e pluviais (ETACP) com o objetivo de minimizar o consumo de água fornecido, reduzindo custos, e ainda despejando menores vazões nos sistemas públicos de esgotamento sanitário e drenagem pluvial.

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

A demanda por recursos naturais cresce de forma acelerada, impulsionada pela expansão populacional e industrial. Sendo limitadas as reservas hídricas viáveis para utilização em atividades humanas, torna-se cada vez mais importante o uso racional desse bem. As águas

pluviais e cinzas mostram-se como uma nova fonte disponível, reduzindo a extração desse recurso das reservas naturais, além de reduzir o volume de efluente sanitário produzido.

Quanto ao aspecto econômico, esse método também se mostra bastante vantajoso, principalmente para fins menos nobres, sem contato direto com pessoas, exigindo apenas um tratamento simplificado da água. Sendo assim, menos custoso que a obtenção convencional desse recurso pelo abastecimento público.

É importante que a qualidade da água reutilizada seja compatível com a atividade. A NBR 13.969, última versão de 1997, entre outras coisas, classifica, define as atividades adequadas e a qualidade a qual a água cinza deve atender para a utilização em determinado fim. Mesmo para atividades em que não haja contato direto com humanos, essa água deve atender a padrões mínimos de qualidade. Da mesma forma para as águas pluviais, existe a NBR 15527 de 2007 que, embora não subdivida em classes de reuso, determina os padrões mínimos de qualidade e as atividades fins permitidas.

É importante o incentivo à utilização dessa estratégia para mitigar os impactos que vem sendo causados ao meio ambiente. Todavia, deve sempre haver o acompanhamento da qualidade da água de reuso, para que a população que usufrui não arque com ônus, tais como problemas de saúde.

1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Objetivo geral:

Avaliar a estação de tratamento de águas cinzas e pluviais implantada no prédio sede do curso de medicina da UFPE no *campus* Recife, bem como o uso da água por ela tratada.

Objetivos específicos:

- Analisar a qualidade do afluente e do efluente da ETACP;
- Avaliar a influência da intensidade pluviométrica na qualidade do afluente da ETACP.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSUMO E ESCASSEZ DE ÁGUA

A água é essencial às atividades humanas e, apesar de existir em abundância em nosso planeta, a maior parte não é própria para consumo no estado em que se encontra. Segundo Shiklomanov (1997) *apud* Lima (2001), aproximadamente 97,5 % da água existente na Terra é salgada, enquanto que 2,5% é de água doce. A Tabela 1 apresenta a distribuição de água no mundo quanto às reservas.

Tabela 1 - Distribuição de água na Terra

Reservatório	Volume (10³ km³)	% do volume total	% do volume de água doce
Oceanos	1.338.000	96,5379	-
Subsolo	23.400	1,6883	-
Água doce	10.530	0,7579	30,0607
Água salgada	12.870	0,9286	-
Umidade do solo	16,5	0,0012	0,0471
Áreas congeladas	24.046,1	1,7362	68,6971
Antártida	21.600	1,5585	61,6629
Groelândia	2.340	0,1688	6,6802
Ártico	83,5	0,006	0,2384
Montanhas	40,6	0,0029	0,1159
Solos Congelados	300	0,0216	0,8564
Lagos	176,4	0,0128	-
Água doce	91	0,0066	0,2598
Água salgada	85,4	0,0062	-
Pântanos	11,5	0,0008	0,0328
Rios	2,1	0,0002	0,0061
Biomassa	1,1	0,0001	0,0032
Vapor d'água na atmosfera	12,9	0,0009	0,0368
Armazenamento total de água salgada	1.350.950,4	97,4726	-
Armazenamento total de água doce	35.029,2	2,5274	100
Armazenamento total de água	1.385.984,6	100	-

Fonte: Adaptado de Shiklomanov (1997) *apud* Lima (2001).

Como é possível verificar na Tabela 1, a maior parte da água doce encontra-se indisponível para consumo por estar congelada. A água doce superficial, que é mais acessível para o consumo humano, corresponde a menos de 0,3% da água doce total do planeta.

Apesar do Brasil ser considerado um país privilegiado quanto à disponibilidade hídrica, algumas de suas regiões sofrem com a falta d'água. Uma das causas desse problema é a má distribuição desse recurso no território brasileiro. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA):

“Estima-se que o país possua cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta. Mas a distribuição natural desse recurso não é equilibrada. A região Norte, por exemplo, concentra aproximadamente 80% da quantidade de água disponível, mas representa apenas 5% da população brasileira. Já as regiões próximas aos Oceanos Atlântico possuem mais de 45% da população, porém, menos de 3% dos recursos hídricos do país.”

Abaixo, a Tabela 2 apresenta a disponibilidade hídrica de cada estado por habitante-ano.

Tabela 2 - Disponibilidade hídrica nos estados do Brasil por habitante-ano

Disponibilidade hídrica per capita (m³/hab/ano)	Estados	Situação
> 20.000	Acre Amazonas Amapá Goiás Mato Grosso do Sul Mato Grosso Pará Rondônia Roraima Rio Grande do Sul Tocantins	Riquíssimo
> 10.000	Maranhão Minas Gerais Santa Catarina Paraná	Muito rico
> 5.000	Espírito Santo Piauí	Rico
> 2.500	Bahia São Paulo	Situação adequada
De 2.500 a 1.500	Ceará Rio de Janeiro Rio Grande do Norte Distrito Federal Alagoas Sergipe	Pobres

< 1.500	Paraíba Pernambuco	Situação crítica
---------	-----------------------	------------------

Fonte: Adaptado de PENA, Rodolfo F. Alves. "Distribuição da água no Brasil"; *Brasil Escola* (2018).

É possível observar, na Tabela 2, que todos os estados classificados como “pobres” e “situação crítica”, com exceção do Distrito Federal, pertencem às regiões Nordeste e Sudeste, as mais populosas no país. Também é visível na tabela que todos os estados da região Norte foram classificados como “riquíssimos”, corroborando o exposto pela Agência Nacional de Águas citado anteriormente.

Embora haja riqueza hídrica no Brasil, a urbanização das áreas das bacias hidrográfica traz grandes prejuízos não só pelo aspecto quantitativo, mas também qualitativo. Sistemas ineficazes e subdimensionados para gerenciamento de resíduos sólidos e coleta e tratamento de esgoto, para uma população cada vez maior, tem como resultado a contaminação das reservas naturais de água.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2016, aproximadamente 52% da população tinha acesso à rede de coleta de esgoto. São cerca de 100 milhões de brasileiros sem acesso. Outro dado alarmante é que menos de 45% do esgoto gerado no país passa por tratamento antes do despejo no meio ambiente. Na Tabela 3 é possível conferir o nível de atendimento para água e esgoto nas diferentes regiões do Brasil.

Tabela 3 - Níveis de atendimento de água e esgoto nas regiões do Brasil

		Região					Brasil
		Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	
Índice de atendimento com rede (%)¹	Água	55,4	73,6	91,2	89,4	89,7	83,3
	Esgoto	10,5	26,8	78,6	42,5	51,5	51,9
Índice de tratamento dos esgotos (%)	Esgoto gerado	18,3	36,2	48,8	43,9	52,6	44,9
	Esgoto coletado	81,0	79,7	69,0	92,9	92,1	74,9

¹ Percentual relativo à população com acesso a rede de abastecimento de água/coleta de esgoto.

Fonte: Adaptado de SNIS “Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto – 2016”.

As regiões Norte e Nordeste, as mais pobres do Brasil, apresentam os piores índices quando ao acesso à rede de água e esgoto, demonstrando a necessidade de mais investimentos

no setor de saneamento. Em contrapartida, regiões mais desenvolvidas socioeconomicamente, como Sul e Sudeste, apresentam os melhores níveis de atendimento. A Tabela 4 apresenta o consumo médio per capita de água em cada região do Brasil em 2016, além de uma comparação com a média de consumo dos 3 anos anteriores.

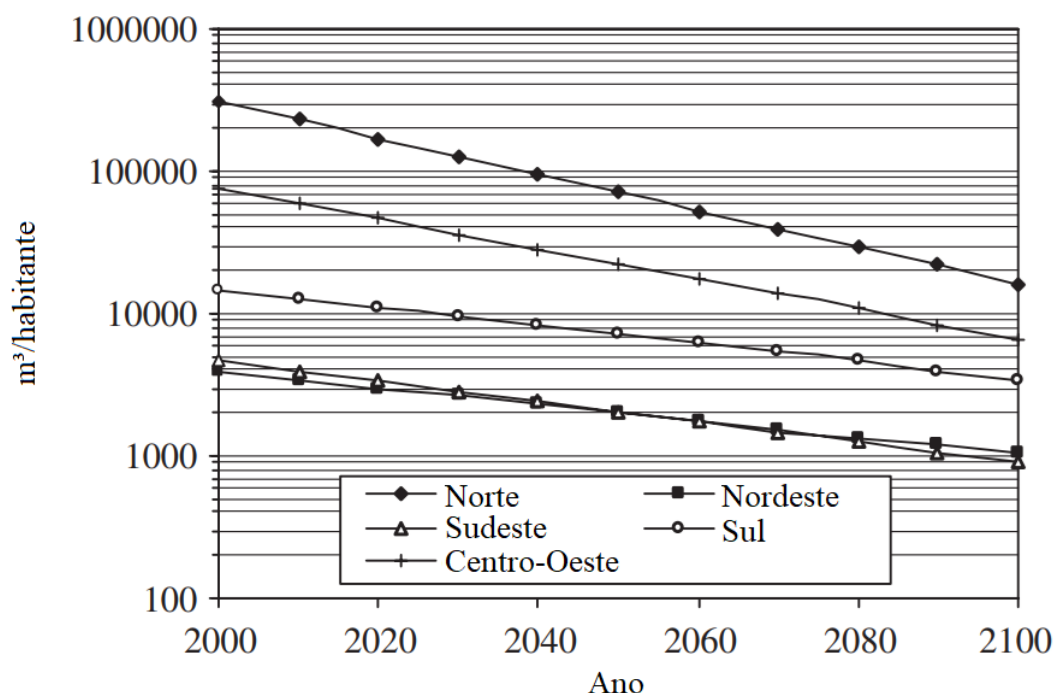
Tabela 4 - Consumo médio per capita de água nas regiões do Brasil

Região	Consumo (l/hab.dia)		Variação (%)
	Média 2013, 2014 e 2015	Média 2016	
Norte	154,8	154,5	-0,20%
Nordeste	120,3	112,5	-6,50%
Sudeste	186	179,7	-3,40%
Sul	150,7	144,2	-4,30%
Centro-Oeste	156,1	148,5	-4,80%
Brasil	160,8	154,1	-4,10%

Fonte: Adaptado de SNIS “Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto – 2016”.

De acordo com a Organização das Nações Unidas, um ser humano necessita de no mínimo 110 litros de água por dia para realização das suas atividades e consumo próprio. De acordo com o “Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto”, realizado em 2016 pelo SNIS, nos estados de Pernambuco e Alagoas o consumo médio naquele ano foi abaixo da recomendação da ONU, ficando em 92,3 e 96,7, respectivamente. Sendo estes valores médios, significa que uma parte da população que tem acesso a rede de distribuição consumiu ainda menos água por dia. Nas áreas onde a população não conta com rede de abastecimento, o volume consumido é ainda mais crítico, principalmente em áreas áridas e semiáridas.

É possível observar uma queda no consumo em todas as regiões. Esse fato pode ser explicado pela existência de um limite da capacidade de abastecimento que as reservas hídricas naturais e o próprio sistema de abastecimento têm, embora a população brasileira continue em crescimento. Um montante de água disponíveis cada vez menor, que precisa ser distribuído à um número cada vez maior de pessoas, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Previsão de disponibilidade hídrica no Brasil (m³ per capita/ano)

Fonte: Adaptado de Ghisi (2005).

A diminuição da oferta de água faz com que o número de pessoas que a reutilizam em suas residências seja cada vez maior. A reutilização ocorre, por exemplo, com a coleta da água dispensada pela máquina de lavar roupa para utilizá-la na descarga do vaso sanitário ou lavagem de pisos.

Apesar de haver grande foco no consumo doméstico, esse representa uma pequena parcela da água utilizada. De acordo com a ONU (2018), a agricultura é responsável por 70% da demanda de água no mundo. Enquanto que o setor industrial consome 20% e o doméstico apenas 10%. Técnicas de irrigação tradicionais, como a aspersão, apresentam baixa eficiência e grande perda por evaporação, resultando em grande desperdício. É necessária a difusão de sistemas que minimizem os problemas já citados. De acordo com Coelho (2005), na irrigação localizada, o gotejamento subsuperficial é o de maior eficiência, acima de 90 %, uma vez que as perdas de água por evaporação são as menores possíveis, pela própria posição do emissor no solo. Ainda segundo o autor, no caso da irrigação por aspersão, os sistemas convencionais de alta pressão do tipo canhão são os de mais baixa eficiência, varia de 50 % a 60%.

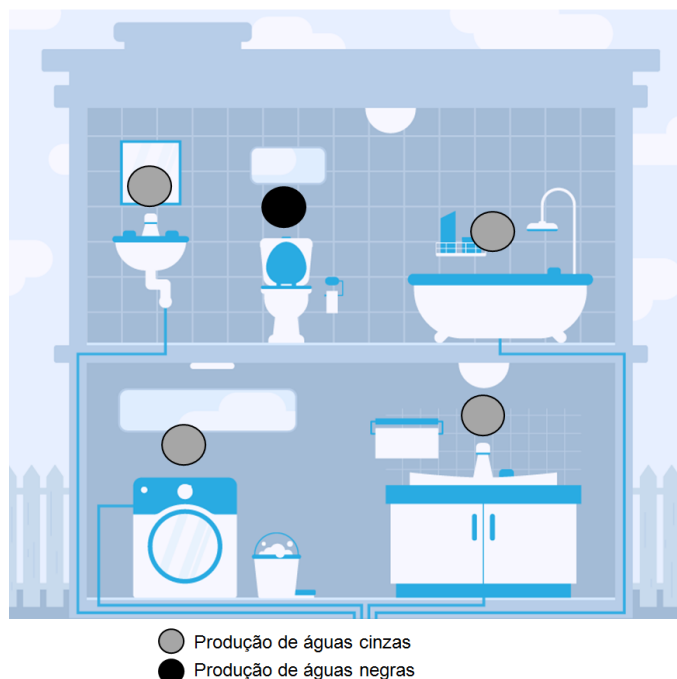
O reuso de água já se mostrou viável no segmento industrial, agrícola e doméstico. Devido a esse cenário apresentado, é importante não só a diminuição do seu consumo, mas que o reuso seja cada vez mais aplicado como uma forma de preservar as reservas hídricas existentes e do meio ambiente de uma forma geral. Desta maneira, garante-se esse recurso para as futuras gerações.

2.2 ÁGUAS CINZAS

2.2.1 Características gerais

Água cinza se caracteriza pelo efluente que não possui contribuição da bacia sanitária, ou seja, o esgoto gerado pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas e pias de cozinha em residências, escritórios comerciais, escolas, etc (SINDUSCON SP, 2005). Em função da presença de óleos e gorduras, alguns autores não consideram como água cinza o efluente oriundo de cozinhas (NOLDE, 1999 e CHRISTOVA-BOAL et al., 1996). Outro conceito importante é o de águas negras. As águas denominadas negras são águas residuárias proveniente dos vasos sanitários, contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico (GONÇALVES, 2006). A Figura 2 indica os aparelhos em que há produção de águas cinzas e negras em uma residência.

Figura 2 - Local de produção de águas cinza e negras em uma residência.



Fonte: Adaptado de Biotratec (2018).

De acordo com Dixon (1999) *apud* Gonçalves (2006), estudos realizados no Brasil e no exterior indicam que as águas cinzas contêm elevados teores de matéria orgânica, de sulfatos, além de turbidez e de moderada contaminação fecal. Por esses motivos, não é recomendado seu reuso sem prévio tratamento.

Abaixo, na Tabela 5, algumas referências de diferentes autores para valores das variáveis qualitativas em águas cinzas segregadas.

Tabela 5 - Qualidade das águas cinzas de acordo com a literatura.

Referências	Local	Fonte	Resultados							
			pH	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	Condutividade (µS/cm)	Coli. Tot. (NMP/100ml)	Coli. Term. (NMP/100ml)	E. Coli (NMP/100ml)
Chrispim (2014)	São Paulo - SP	CH	7,18	100	155,83	123,14	411	4.10 ⁵	*	5,06.10 ⁴
		LV	7,13	48,68	18,47	101	290	7,62.10 ⁶	*	2,08.10 ⁴
		MQ	7,82	33,54	32,68	77	1022	2,52.10 ³	*	0
		MS	7,59	53,81	70,83	136,32	770	1,5.10 ⁶	*	700
Christova-Boal et al. (1996)	Austrália	BH	6,4 - 8,1	60 - 240	*	76 - 200	*	*	*	*
		MQ	9,3 - 10	50 - 210	*	48 - 290	*	*	*	*
Bazzarella (2005)	Vitória - ES	LV	8,03	158	146	265	116	1,35.10 ²	*	1,01.10 ¹
		CH	7,34	109	103	165	124	3,95.10 ⁴	*	2,63.10 ⁴
		TQ	8,85	299	221	570	938	2,06.10 ²	*	2,87.10 ¹
		MQ	9,06	58	53	184	524	5,37.10 ⁰	*	2,73.10 ¹
		CZ	5,14	250	336	633	528	1,47.10 ⁷	*	6,47.10 ²
		MS	7,05	166	134	571	430	6,14.10 ⁴	*	3,25.10 ⁴
Borges (2003)	Curitiba - PR	BH	6,7 - 8,5	2,0 - 189	*	17 - 287	*	5,1 - 1,6.10 ⁸	2,0 - 1,6.10 ⁷	*
Pesquisa UFSC (2006)	Santa Catarina - PR	MS	7,0 - 8,9	2 - 583	25 - 351	24 - 808	*	2,4.10 ³ - 2,42.10 ⁵	*	*
Pesquisa UFES (2005)	Espírito Santo	LV	6,63 - 8,97	95 - 327	84 - 209	90 - 675	*	140	*	1,0 - 90
		CH / BH	6,83 - 8,14	45 - 345	15 - 483	100 - 188	*	4,0.10 ⁴ - 7,3.10 ⁴	*	2,4.10 ³ - 2,0.10 ⁵
		TQ	7,71 - 9,55	111 - 507	68 - 756	100 - 875	*	1,0 - 580	*	1,0 - 2,1.10 ³
		MQ	7,92 - 9,73	32 - 100	17 - 106	90 - 300	*	1,0 - 160	*	1,0 - 2,6.10 ⁴
		CZ	4,21 - 5,95	60 - 750	101 - 1103	190 - 1200	*	1,0 - 1,1.10 ⁶	*	1,0 - 1,9.10 ⁵
		MS	5,99 - 7,58	90 - 289	70 - 220	425 - 725	*	2,9.10 ⁴ - 1,0.10 ⁵	*	1,0.10 ⁴ - 1,3.10 ⁵

LEGENDA: CZ - pia cozinha; MQ - máquina de lavar roupa; TQ - tanque; LV - lavatório; CH - chuveiro; VS - vaso sanitário; MS - mistura; ¹ - (apud ERIKSSON et al 2002); * Variável não analisada; Fonte: Adaptada de Gonçalves et al. (2006), May (2009) e Chrispim (2014).

2.2.2 Reuso de águas cinzas

Os primeiros registros acerca do reuso de águas na agricultura, como irrigação, estão associados às construções dos sistemas de esgotamento dos palácios e das cidades antigas da Civilização Minoica, na Ilha de Creta, na Grécia Antiga, de 3000 a 1200 a.C. (FELIZATTO, 2001 *apud* BARROS *et al.*, 2015).

Diferente da realidade de países como Japão, EUA, Canadá, e Alemanha, no Brasil não se aproveita efetivamente o potencial de reuso das águas cinzas. A abundância de recursos hídricos no país somada ao conceito negativo por parte da sociedade acabou inibindo as iniciativas nessa direção no passado. Mas impulsionadas pela escassez da água, principalmente em grandes centros urbanos, sistemas de reuso de águas cinzas vem lentamente ganhando espaço no país.

Um exemplo disso é o Edifício Royal Blue, na cidade de Vitória-ES. De acordo com Mergulhão e Emery (2011), o edifício residencial com cerca de 30 apartamentos, que começou a ser ocupado em 2007, conta com uma ETAC composta por reator anaeróbio, seguido de um filtro biológico aerado submerso, decantador, filtro terciário, tanque de equalização e tanque de cloração. O sistema tem como objetivo a produção de água não potável para uso em descargas de bacias sanitárias, rega de jardins e lavagem de pisos.

O Park One Ibirapuera, edifício composto por 48 unidades habitacionais de alto padrão entregue em 2014 e situado em São Paulo-SP, conta com sistema com objetivo semelhante. Nele há tanto o aproveitamento de águas pluviais como cinzas. A água cinza é proveniente dos lavatórios dos banheiros e dos ralos do chuveiro. O sistema de tratamento é composto por tanque de decantação, etapa de floculação seguida de uma série de filtros com areias de diferentes granulometrias, carvão ativado e filtros de cartucho, finalizando com etapa de desinfecção com hipoclorito de cálcio. A produção é utilizada para descarga de bacias sanitárias, rega de jardins e lavagem dos pátios e garagens da edificação.

De acordo com matéria publicada em 2015 pelo canal G1 São Paulo, “Sem lei específica, imóvel novo com reúso de água é raridade em SP”, em valores médios, a conta de água do Park One Ibirapuera que antes chegava a 30 mil reais, foi reduzida para cerca de 7 mil reais.

Um exemplo do reuso no setor industrial é o projeto Aquapolo, que vem de uma parceria entre a BRK Ambiental e a Sabesp, no estado de São Paulo. Seiscentos e cinquenta litros por segundo, dos dois mil litros de esgoto tratado que saem da ETE ABC, operada pela Sabesp, são desviados e passam por membranas com poros de 0,05 µm. Após essa filtração, segue para suprir parte da demanda do Polo Petroquímico da Região do ABC Paulista. O Aquapolo fornece água para empresas como Bridgestone, White Martins, Braskem, entre outras. O sistema, que

atualmente fornece vazão suficiente para abastecer uma cidade de 500 mil habitantes, ainda opera com 65% da capacidade instalada, podendo chegar à uma vazão de mil litros por segundo (AQUAPOLO, 2018)

Segundo Ericksson *et al.* (2002) *apud* May (2008), a utilização do sistema de reuso de águas cinzas está associada às seguintes vantagens:

- Estimula o uso racional e a conservação de água potável;
- Permite maximizar a infraestrutura de abastecimento de água e tratamento de esgoto pela utilização múltipla da água aduzida;
- Propicia a educação ambiental.

Também é possível incluir nessa lista a economia de recursos financeiros por parte dos usuários, pois o investimento no sistema para reutilizar águas cinzas é revertido na diminuição do volume fornecido pelo concessionário público, que reflete na redução das contas de água.

2.2.3 Padrões de qualidade para reuso

2.2.3.1 NBR 13969:1997

Intitulada “Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação”, a Norma distingue as águas de reuso em 4 classes, tendo cada classe seus empregos definidos e os padrões mínimos de qualidade que devem ser atingidos.

- **Classe 1** são as águas para lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes;
- **Classe 2** para lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;
- **Classe 3** para reuso nas descargas dos vasos sanitários; e
- **Classe 4** para reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

A Tabela 6 apresenta os parâmetros mínimos de qualidade exigidos a cada classe.

Tabela 6 - Parâmetros de qualidade da água cinza de reuso pela NBR 13969:1997

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	6 - 8	-	-	-
Turbidez (UNT)	< 5	< 5	< 10	-
SDT (mg/l)	< 200	-	-	-
Coli. Fecais (NMP/100mL)	< 200	< 500	< 500	< 5000
OD (mg/l)	-	-	-	2
Cloro (mg/l)	0,5 - 1,5	> 0,5	-	-

Fonte: ABNT (1997).

A NBR indica também o tratamento que pode ser aplicado para atingir o padrão de qualidade para cada classificação, apresentados na Tabela 7, abaixo:

Tabela 7 - Tratamentos sugeridos pela NBR 13.969:1997

Classe	Tratamento
1	Tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante.
2	Tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes.
3	Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão.
4	Sem tratamento sugerido.

Fonte: ABNT (1997).

2.2.3.2 Manual Conservação e Reuso de Água em Edificações (2005)

Outra referência para reuso de água no Brasil é o manual intitulado Conservação e Reuso de Água em Edificações elaborado em conjunto pela Agência Nacional de Águas (ANA), Fundação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e o Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo (SINDUSCON-SP). Semelhante à NBR 13.969:1997, faz uma distinção de classe de qualidade a depender do tipo de uso.

- **Classe 1:** descarga de vasos sanitários, lavagem de pisos, fins ornamentais, lavagem de roupas e veículos;
- **Classe 2:** lavagem de agregados, preparação de concretos, compactação de solos e controle de poeira;

- **Classe 3:** irrigação de áreas verde e rega de jardins;
- **Classe 4:** resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento).

A Tabela 8 apresenta alguns dos parâmetros de qualidade para cada classe. Foram apresentados apenas os parâmetros pertinentes a este trabalho.

Tabela 8 - Parâmetros de qualidade de água para reuso pelo manual Conservação e Reuso de Água em Edificação (2005)

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe3	Classe 4 s ¹	Classe 4 c ²
pH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	5,0 - 8,3	6,8 - 7,2
Turbidez (UT)	≤ 2	-	< 5	-	-
SDT (mg/l)	≤ 500	-	450 - 1500	≤ 1000	≤ 500
SST (mg/l)	≤ 5	≤ 30	< 20	≤ 5000	≤ 100
Coli. Fecais (NMP/100mL)	Não detectável	≤ 1000	≤ 200	-	≤ 2,2 ³
Condutividade (µS/cm)	-	-	700 – 3000	-	-
Cor (uH)	≤ 10	-	< 30	-	-

¹ Sistema sem recirculação

³ Valor para coliformes totais

² Sistema com recirculação

Fonte: Adaptado de Conservação e Reuso da Água em Edificações – ANA, FIESP, SINDUSCON-SP (2005).

2.2.3.3 Referências internacionais de qualidade de águas cinzas para reuso

Cada país define suas próprias normas quanto ao reuso de águas cinzas, estipulando os padrões de qualidade, classificações, usos permitidos, até mesmo indicando tratamentos. Abaixo, a Tabela 9 apresenta de forma concisa alguns dos padrões de qualidade para o reuso de águas em descargas sanitárias adotados internacionalmente, com exceção dos padrões estabelecidos nos estados dos Estados Unidos. Esses se referem ao uso urbano irrestrito, o qual a descarga de vasos sanitários está inserida. O termo irrestrito abrange os seguintes usos: irrigação de áreas públicas, descarga, sistemas de refrigeração, sistemas de proteção contra incêndio, construções, fontes ornamentais e lagoas artificiais.

Tabela 9 - Normas internacionais para o reuso de águas em descarga sanitária

Local	Trat.	pH	DBO ₅ (mg/l)	SST (mg/l)	Turbid. (NTU)	Coli. Totais (UFC ⁷ /100 ml)	Coli. Termot. (UFC/100 ml)	Cloro livre (mg/l)	Cloro resid. (mg/l)
Arizona¹	Tratamento secundário, filtração e desinfecção	-	-	-	2 (méd) 5 (máx)	-	ND (méd) 23 (máx)	-	-
Califórnia¹	Oxigenação, coagulação, filtração e desinfecção	-	-	-	2 (méd) 5 (máx)	2,2 (méd) 23 (máx)	-	-	-
Florida¹	Tratamento secundário, filtração e alto nível de desinfecção	-	20	5	-	-	ND (75%) 25 (máx)	-	-
Havaí¹	Oxigenação, coagulação, filtração e desinfecção	-	-	-	2 (máx)	-	2,2 (méd) 23 (máx)	-	-
Nevada¹	Tratamento secundário e desinfecção	-	30	-	-	-	2,2 (méd) 23 (máx)	-	-
Texas¹	-	-	5	-	3	-	20 (méd) 75 (máx)	-	-
Washington¹	Oxidação, coagulação, filtração e desinfecção	-	30	30	2 (méd) 5 (máx)	2,2 (méd) 23 (máx)	-	-	-
Austrália²	Desinfecção	-	< 10 (90%) 20 (máx)	< 10 (90%) 20 (máx)	-	< 1	< 10 (90%) 30 (máx)	0,5 - 2,0 (90%) 2,0 (máx)	-
Sul da Austrália³	Secundário, filtração terciária e desinfecção	-	< 20	< 10	2 (méd) 5 (máx)	< 10	-	-	-
Alemanha⁴	-	6 - 9	20	30	1 - 2	500	100	-	-
Japão⁵	-	6 - 9	10	-	5	10	10	-	-
Canadá⁶	-	-	30	30	5	200	200	-	> 1

1 – EPA (2004) uso urbano irrestrito;

5 – Citado em: LAZAROVA (2003);

2 – NSW health, 2005;

6 – CMHC (2004);

3 – Citado em: KAYAALP (1996);

7 – UFC é a abreviação para Unidades Formadoras de Colônias. 1

4 – Citado em: JEFFERSON (1999);

UFC/100ml é equivalente a 1,1 NMP/100mL.

Fonte: Adaptado de GONÇALVES *et al* (2006).

2.3 ÁGUAS PLUVIAIS

2.3.1 Características gerais

Sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais, seja para uso doméstico, industrial ou agrícola, vem ganhando destaque em várias partes do mundo, pois trata-se de uma forma simples e eficaz de minimizar o problema da escassez de água para consumo. A depender da destinação, muitas vezes a água pluvial necessita apenas de um tratamento simples para seu uso, pois de modo geral apresenta baixo grau de contaminação, o que pode variar dependendo do nível de poluição atmosférica da área e da limpeza da superfície de captação. A superfície de captação, tubos e reservatórios por onde a água vai passar devem ser mantidos limpos para prejudicar ao mínimo a qualidade da mesma. A Tabela 10 apresenta os resultados de análises de águas pluviais em diferentes lugares.

Tabela 10 - Qualidade das águas pluviais de acordo com a literatura

	Referências	Pinheiro et al. (2005)	PROSAB 4, Tema 5		Santana (2012)
	Local	Blumenau-SC	Vitória-ES	Florianópolis-SC	João Pessoa-PB
Resultados	pH	5,3	6,1	5,9	6,59
	Turbidez (NTU)	1,8	0,9	1,5	2,33
	Cor (uC)	*	*	3,3	0,94
	Dureza (mg/l)	24	8,4	7,6	3,31
	Cloretos (mg/l)	5,1	4,1	0,6	2,86
	Sulfatos (mg/l)	*	3,9	2,5	*
	N. amoniacal (mg/l)	*	0,5	0,7	0,32
	Coli. Fecais (NMP/100ml)	*	*	5,1	4,23
* Variável não analisada.					

Fonte: Adaptado de Gonçalves *et al.* (2006) e Santana (2012).

2.3.2 Uso de águas pluviais

Todavia, já na Antiguidade, várias civilizações utilizavam desse recurso. Um exemplo ocorreu no deserto de Negev, que atualmente faz parte, em sua maioria, do território de Israel. De acordo com May (2008), o sistema foi utilizado a mais de 4.000 anos durante a era Romana.

Naquela área foram construídos sistemas sofisticados para coleta e armazenamento de águas pluviais.

Outro exemplo é dado por Tomaz (2005, p.25) *apud* Trindade (2014), que comenta a respeito da existência de reservatórios de água de chuva escavados na rocha, na região da Ilha de Creta, anteriores a 3000 A.C. Também cita a pedra Moabita, datada de 850 a.C., na qual o rei Mesha sugere que seja feito um reservatório em cada casa, para aproveitamento de água pluvial.

Segundo Gonçalves (2006), o primeiro relato de aproveitamento da água de chuva no Brasil é provavelmente o da Ilha Fernando de Noronha, que faz parte do estado de Pernambuco. Esse sistema foi construído pelo exército norte-americano em 1943.

Na região do sertão brasileiro, em virtude das fontes naturais escassas de água, e até mesmo inexistentes em certas épocas, foi criado em 1975 o Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido (CPATSA). O CPATSA tinha entre seus objetivos a construção de cisternas para armazenamento da água da chuva para que a população pudesse consumir. Era utilizado o próprio telhado das casas para captação, mas também é possível fazê-la por piso, como mostram as Figuras 3 e 4.

Figura 3 - Cisterna para armazenamento de água pluvial com captação pelo telhado



Fonte: Portal Brasil (2017).

Figura 4 - Cisterna para armazenamento de água pluvial com captação por piso.



Fonte: Portal Brasil (2017).

Até hoje na região é comum a construção, não só as cisternas, mas também de açudes para captação das precipitações, como o apresentado na Figura 5, abaixo:

Figura 5 - Açude para captação e armazenamento de águas pluviais.



Fonte: G1 PB (2018).

Devido à alta pluviosidade das regiões litorâneas do Brasil, o aproveitamento da chuva como fonte de abastecimento para consumo torna-se bastante exequível. Ademais, os sistemas são geralmente de baixo custo de implantação, necessitando apenas de uma área para captação, geralmente a cobertura da edificação ou até mesmo área de estacionamento; tubos e conexões para condução da água; e reservatório para armazenamento. Quanto a parte de utilização, é

composta por etapa de tratamento que, dependendo da qualidade da água captada e do seu uso, pode ser composto apenas por remoção de sólidos suspensos e desinfecção; seguida da etapa de distribuição predial que demanda tubos e conexões separados das linhas abastecidas por fonte de água potável.

Quando se analisa o aspecto energético, também revela ser vantajoso. Segundo Gonçalves (2006), estudos mostram que o custo energético tem se constituído num montante aproximado de 25% a 45% do custo total de operações de sistemas de abastecimento de água. Isso, levando em consideração o custo necessário para a operação de uma estação de tratamento de água, o bombeamento e as operações correlatas de distribuição entre reservatórios.

Do ponto de vista ecológico, captando e armazenando a água de chuva, além de diminuir a demanda por água potável, reduzindo as pressões sobre as reservas naturais, o aproveitamento desta água reduz a erosão local e as enchentes causadas pela impermeabilização de áreas com coberturas, telhados e pátios.

Apesar das vantagens, no Brasil não se aproveita efetivamente o potencial das águas pluviais para abastecimento. No passado, a utilização desse recurso era observada apenas em localidades que não dispunham de acesso à rede pública de abastecimento de água ou abastecimento ineficiente. Mas impulsionadas pela escassez do recurso, principalmente em grandes centros urbanos, sistemas de coleta e aproveitamento de águas da chuva vem ganhando espaço tanto em indústrias quanto em edificações residenciais, comerciais e públicas.

De acordo com o G1 PB (2015), a indústria de plásticos Vó Mina que apresenta um consumo mensal de 20 mil litros de água, chega a economizar 50% nos custos com água a partir da utilização de águas pluviais, utilizada para resfriamento de máquinas e equipamentos. A fábrica situada na cidade de Catolé da Rocha, na Paraíba, tem capacidade para armazenar cerca de 234 mil litros de água e faz a captação desse recurso a partir dos telhados dos galpões que fazem parte da indústria.

O condomínio Park One Ibirapuera, em São Paulo-SP, citado no tópico 2.2.1, é um exemplo de utilização desse recurso no setor residencial.

2.3.3 Normatização no Brasil - NBR 15527:2007

Apesar de já antiga a utilização das águas de chuva em nosso país, principalmente em regiões de escassez de água, só no ano de 2007 que é lançada a NBR 15527.

Intitulada “Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis”, a norma discorre sobre os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em

áreas urbanas para fins não potáveis. Exemplos de possíveis usos são: descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais, como resfriamento de máquinas. A Norma aborda também os parâmetros de qualidade requeridos para a utilização das águas pluviais e a frequência que devem ser feitas as análises para acompanhamento, como apresenta a Tabela 11.

Tabela 11 - Parâmetros de qualidade de água pluviais para usos restritivos não potáveis pela NBR 15527:2007

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes Totais	Semestral	Ausente em 100 ml
Coliformes Termo.	Semestral	Ausente em 100 ml
Cloro residual livre (mg/l) ^a	Mensal	0,5 - 3,0
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b < 5,0 uT (para usos menos restritivos)
Cor aparente	Mensal	< 15 uH ^c
pH	Mensal	6 - 8
NOTA: Podem ser usados processos de desinfecção além do cloro, como aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção;		
^b uT é a unidade de turbidez;		
^c uH é a unidade Hazen.		

Fonte: ABNT (2007).

Quanto à manutenção dos componentes do sistema de coleta e reaproveitamento de águas pluviais, a norma recomenda os critérios apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Frequência de manutenção dos componentes do sistema de coleta e reaproveitamento de águas pluviais

Componente	Frequência
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT (2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no prédio que foi construído para ser a sede da Faculdade de Medicina do Recife e está localizado nas coordenadas 8°03'04,9"S 34°56'50,9"W. A edificação integra o *campus* Recife da Universidade Federal de Pernambuco na Avenida da Engenharia, s/n, no bairro da Várzea, em Recife-PE. O local do edifício é indicado pela Figura 6.

Figura 6 - Localização do Prédio Sede da Faculdade de Medicina do Recife UFPE



Fonte: Google Maps (2018).

3.1.1 Características gerais do edifício

A edificação teve sua inauguração em março de 2017. O prédio possui 3 pavimentos e foi projetado para haver abundante iluminação e ventilação naturais através de amplas esquadrias, divisórias acústicas que alternam entre painéis fechados e painéis com vidro para garantir a integração entre os ambientes e que contribuem para a redução do consumo de energia elétrica, inclusive com a utilização de sensores de presença e fotocélulas nas lâmpadas. Também foram utilizados brises, além da estratégica orientação da edificação.

O pavimento térreo foi executado em pilotis com fechamento em esquadrias de alumínio e vidro de piso/teto para proporcionar a integração com o ambiente externo arborizado e para a utilização do espaço para exposições e desenvolvimento de atividades de integração e convivência, como pode ser observado nas Figuras 7, 8 e 9. Além disso, há reutilização das águas pluviais e cinzas através de um sistema de tratamento e reabastecimento personalizado.

Figura 7 - Fachadas Norte e Oeste da edificação.



Fonte: Autor (2018).

Figura 8 - Fachadas Sul e Leste da edificação.



Fonte: Autor (2018).

Figura 9 - Ambiente interno (3º pavimento).



Fonte: Autor (2018).

3.1.2 Sistema de segregação e coleta de águas cinzas e pluviais

O sistema implementado tem como objetivo o tratamento das águas pluviais captadas na cobertura do prédio e das águas cinzas produzidas nos 24 lavatórios dos banheiros, com isso, sua reutilização na descarga das 24 bacias sanitárias da edificação. Foi projetado para produzir mensalmente 270 m³ de água para reuso, sendo 179 m³ oriundos de águas pluviais e 91 m³ de águas cinzas, em média anual. A demanda de água para o vaso sanitário foi calculada em média 320 m³ por mês, sendo 84% suprida pela ETACP. A ETACP é modular e foi feita em fibra de vidro, modelo BIODIG HAR, conforme projeto da empresa Fibratécnica Engenharia e Saneamento.

O aproveitamento das águas pluviais se inicia, como já citado, através da captação da chuva pela cobertura do edifício. A área principal de captação, (Figura 10) construída em telhas de aço zincado e tem área de 1.003 m². Há outras áreas também utilizadas para a captação, são elas: cobertura dos reservatórios superiores, com superfície revestida em filme de alumínio – área de 38,2 m²; e a laje de serviço, onde encontram-se os equipamentos de ar-condicionado,

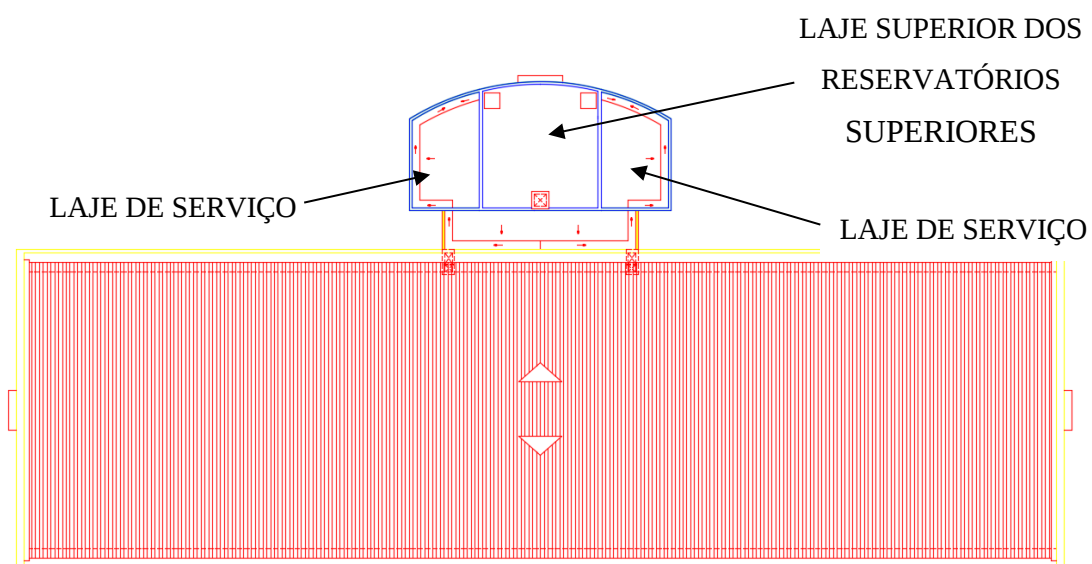
impermeabilizada com manta asfáltica e revestida com argamassa – área de 57,1 m² (Figuras 11 e 12).

Figura 10 - Cobertura principal da edificação.



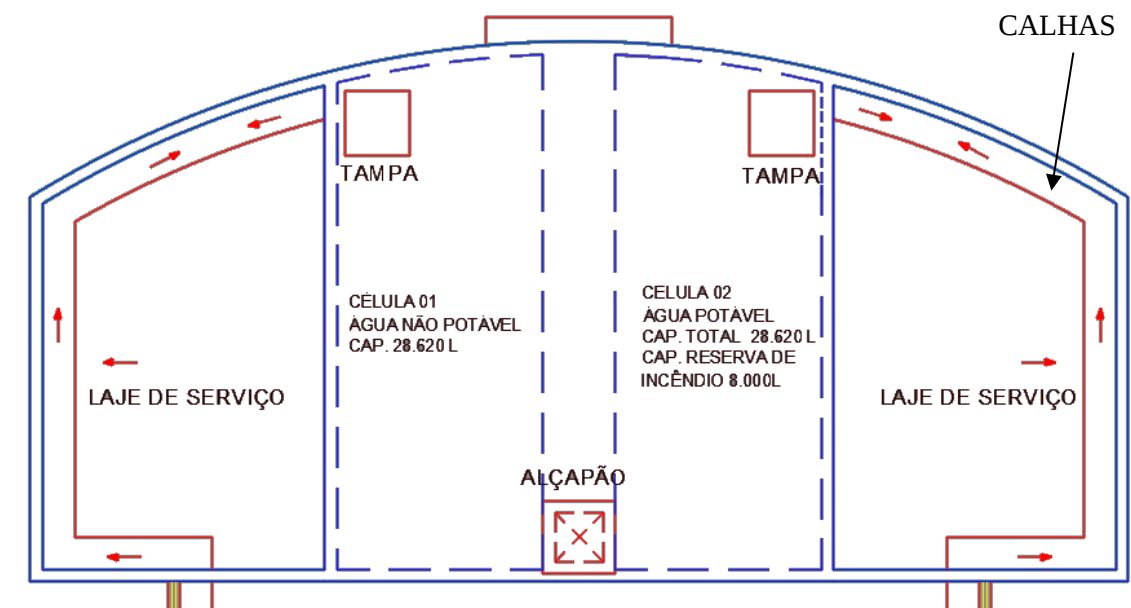
Fonte: Autor (2018).

Figura 11 - Planta da cobertura da edificação.



Fonte:UFPE (2018).

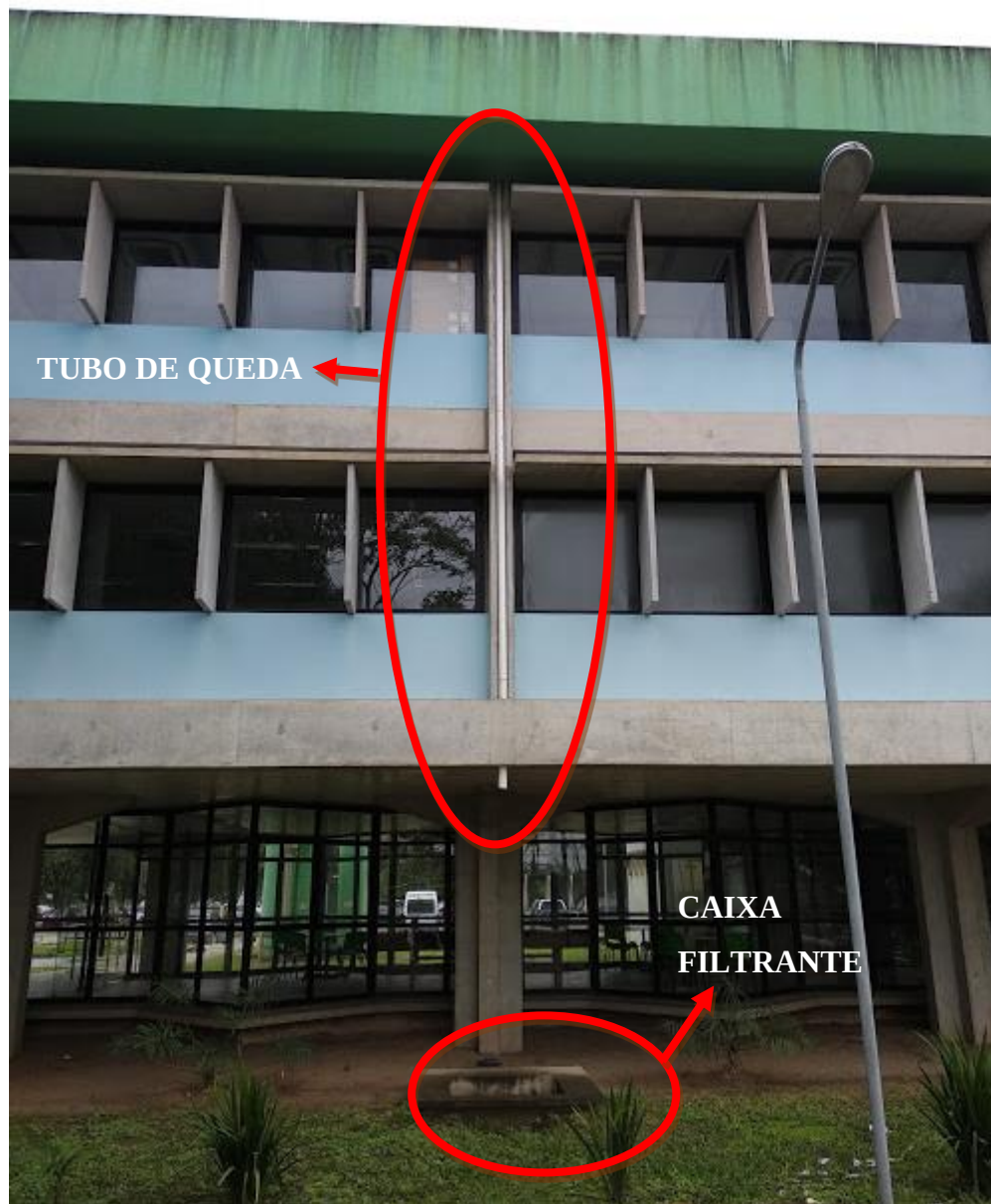
Figura 12 - Planta das lajes de serviço e da laje dos reservatórios superiores.



Fonte:UFPE (2018).

Após a captação, a água segue por calhas de concreto e em seguida por tubos horizontais de PVC até o primeiro pavimento, de onde caem em caixas filtrantes feitas em concreto, como apresentado nas Figuras 13 e 14. Esta etapa é importante para remoção de sólidos grosseiros – folhas, por exemplo. As caixas filtrantes têm dimensões de 1,0 m x 1,0 m e são compostas por uma camada de brita envolvida em manta geotêxtil e camada de seixo. No fundo das caixas há furos de diâmetro aproximado de 3 cm. Após essa primeira etapa de filtração, segue por tubulação horizontal para o poço de visita onde também chegam as águas cinzas.

Figura 13 - Tubo de queda das águas pluviais coletadas na cobertura.



Fonte: Autor (2018).

Figura 14 - Caixas filtrantes.



Fonte: Autor (2018).

A coleta de águas cinzas é realizada através de tubulação independente, que separa a água gerada com a utilização das pias dos 6 banheiros do prédio (total de 24 lavatórios) do demais efluente sanitário produzido. A Figura 15 apresenta foto de um dos banheiros do edifício. A água utilizada nas pias é potável e fornecida pelo abastecimento do *campus*. A água cinza coletada, exclusivamente dos lavatórios, é direcionada para o poço de visita, juntando-se as águas pluviais captadas, como já citado.

Figura 15 - Banheiro da edificação.



Fonte: Autor (2018).

3.1.3 Estação de tratamento de águas cinzas e pluviais (ETACP)

Após o poço de visita, a água passará por uma caixa para retenção de sólidos grosseiros com gradeamento. Em seguida, passará para o poço de sucção, onde a partir de 2 conjuntos motor-bomba, a água enche a câmara de carga de 5,6 metros de altura. Esta câmara mantém constante a pressão de entrada do afluente no filtro, que é pressurizado. As Figuras 16 e 17 apresentam as etapas supracitadas.

Figura 16 - Poço de sucção para a câmara de carga.



Fonte: Autor (2018).

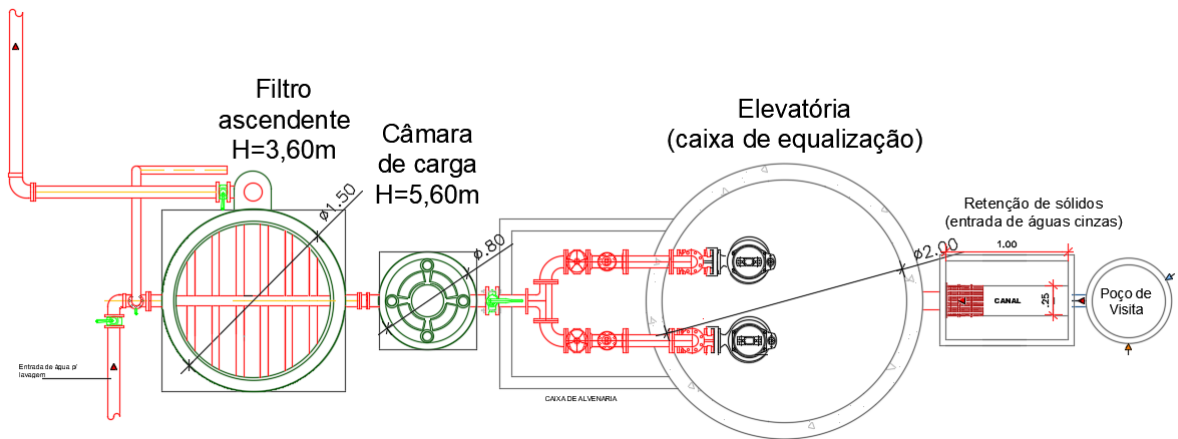
Figura 17 - Módulos da ETACP.



Fonte: Autor (2018).

A Figura 18, abaixo, apresenta os módulos da ETACP em planta.

Figura 18 - ETACP em planta.



Fonte: Adaptado de UFPE (2018).

A principal etapa do tratamento é dada pelo filtro biológico de fluxo ascendente. O filtro apresenta diversas camadas, descritas abaixo:

Tabela 13 - Especificações das camadas do filtro da ETACP

Tipo do material	Tamanho (mm)	Espessura da camada (cm)
Seixo	4,8 a 2,4	10
Seixo	12,5 a 4,8	10
Seixo	19,0 a 12,5	10
Seixo	38,0 a 19,0	10
Seixo	63,0 a 38,0	20
Areia	0,8mm a 0,85 e coeficiente de desuniformidade menor que 1,5.	160

Fonte: Fibratécnica Engenharia e Saneamento.

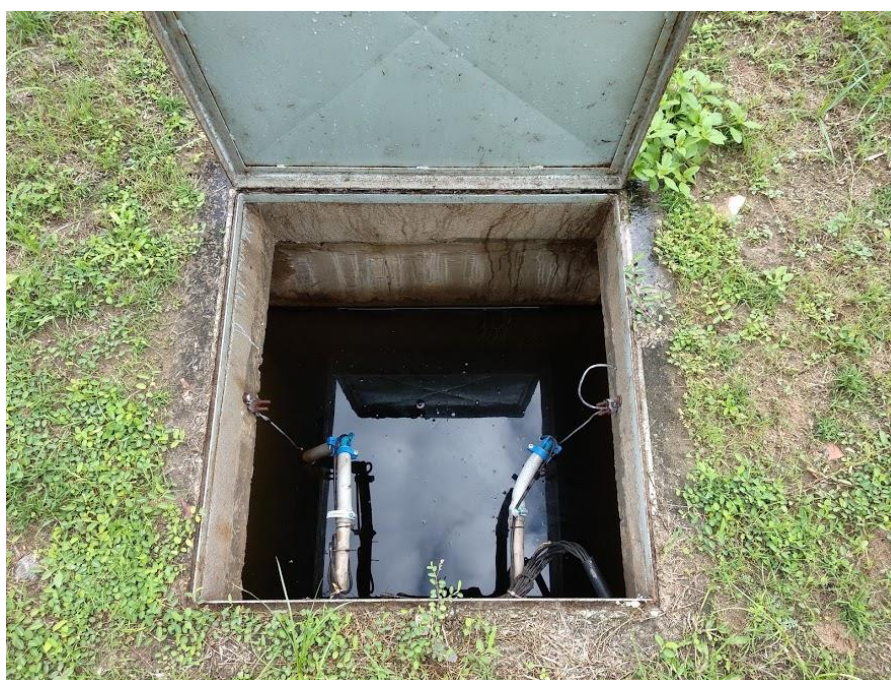
Após a filtração, a água segue para o primeiro reservatório inferior, que quando chega a sua capacidade máxima, extravasa para o segundo reservatório inferior, cada um com 99 m³ de capacidade, apresentados na Figura 19. Há um segundo sistema de bombeamento para transporte da água até o reservatório superior, exibidos na Figuras 20 e 21, de pouco mais de 28 m³. Desse, segue para abastecer as descargas das bacias sanitárias nos banheiros do prédio.

Figura 19 - Reservatórios inferiores.



Fonte: Autor (2018).

Figura 20 - Recalque para reservatório superior de água de reuso.



Fonte: Autor (2018).

Figura 21 - Reservatórios superiores.



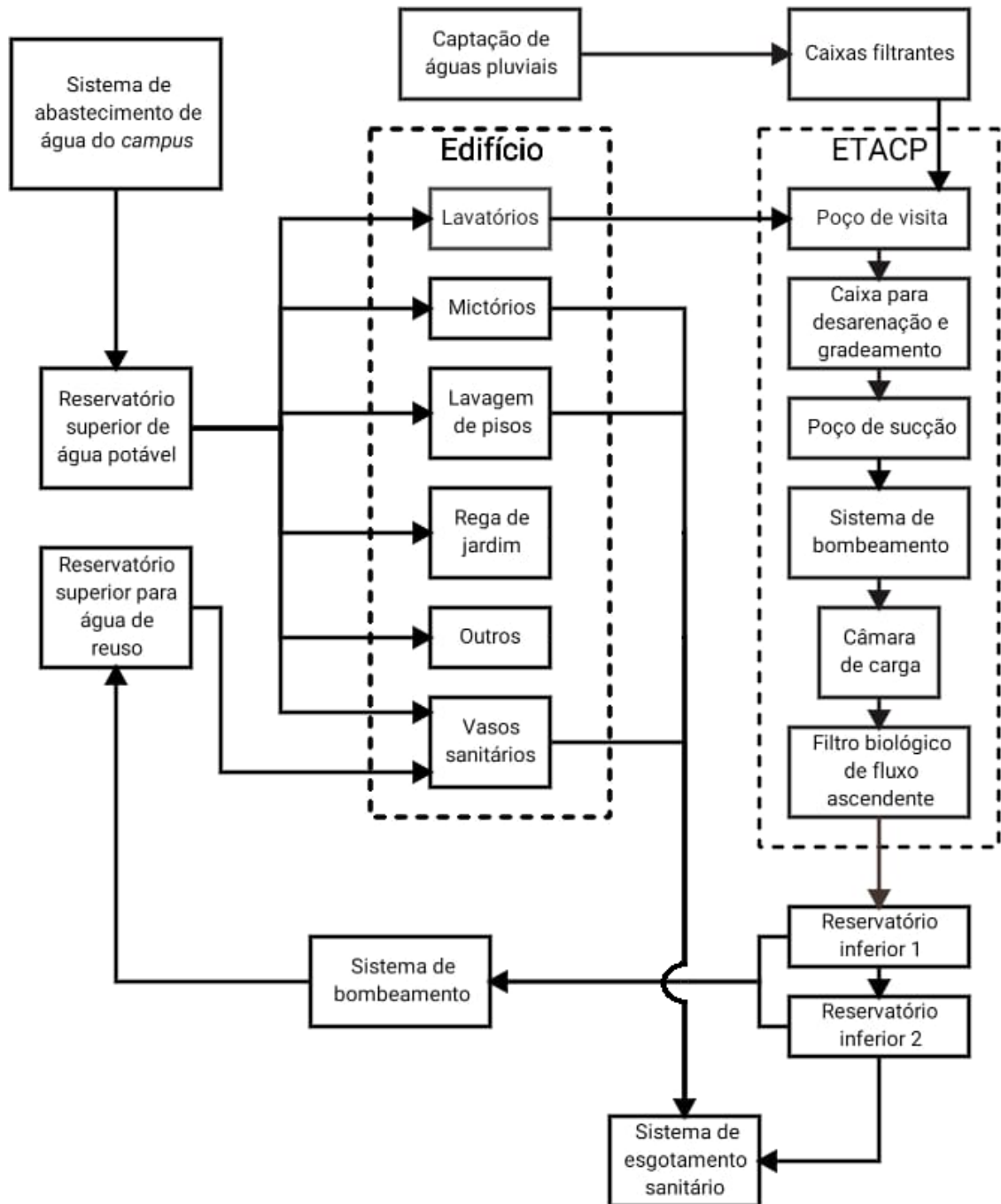
Fonte: Autor (2018).

Os três reservatórios supracitados são exclusivos para o armazenamento da água tratada pela ETACP, bem como a tubulação que transporta a água de reuso. O reservatório superior de água potável, abastecido pelo abastecimento de água do *campus*, tem como objetivo suprir as demandas de água potável da edificação. Faltando água de reuso para suprir a demanda das descargas, há tubulações separadas que podem abastecê-las pelo reservatório superior de água potável.

Embora necessário, durante o período de observação do trabalho, a ETACP ainda não dispunha de manual de operação e manutenção. A estação foi mantida em funcionamento no *status* automático. A realização da retrolavagem do filtro e a descarga de lodo, procedimentos de limpeza que só pode ser efetuado de maneira manual, não foram realizados durante a observação da pesquisa.

Para facilitar a compreensão das etapas do sistema, a Figura 22 apresenta um fluxograma do conjunto abordado no tópico 3.1.

Figura 22 - Fluxograma do sistema



Fonte: Autor (2018).

3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

3.2.1 Coleta de amostras in loco

Foram realizadas coletas em 11 dias no período de 30 de maio de 2017 à 15 de junho de 2017. Visando a realização de comparativo entre a qualidade do afluente e efluente da ETACP, foram definidos 2 pontos de coleta de amostras, figuras 16 e 19. O primeiro ponto, amostra do afluente (água bruta), foi o poço de sucção, que fica a montante da câmara de carga. A água contida na caixa é a combinação entre as águas cinzas produzidas nos lavatórios e as águas pluviais captadas pela cobertura da edificação.

Com o objetivo de coletar amostras que representassem com maior fidelidade o efluente da ETACP, minimizando possíveis interferências das tubulações e reservatórios na qualidade, o segundo ponto de coleta definido foi no primeiro reservatório inferior (água tratada). As coletas eram realizadas com a utilização dos seguintes equipamentos:

- 1 balde plástico de 7 litros comum;
- 1 corda comum nylon;
- 2 bombonas de plástico de 2 litros;
- 1 funil plástico;
- 1 pisseta de água deionizada.

Diariamente, após a utilização dos equipamentos para coleta, os mesmos eram higienizados com água potável corrente e detergente neutro e deixados para secar naturalmente, com exceção da pisseta. Visando minimizar a contaminação e alteração das amostras, além da utilização de luvas descartáveis de látex pela pessoa que realizava as coletas, as mesmas eram iniciadas pelo ponto a jusante da ETACP, o reservatório inferior 1, pois apresentava água com menor nível de contaminação. As amostras coletadas para as análises biológicas eram armazenadas em recipientes autoclavados. Após a realização das coletas, as amostras eram levadas imediatamente para o laboratório.

3.2.2 Análises em laboratório

Os procedimentos adotados para a realização das análises laboratoriais seguiram as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 22ª Edição. O local utilizado para realização das análises foi o Laboratório de Saneamento Ambiental – LSA, situado no próprio *campus* da UFPE. O laboratório faz parte do

Departamento de Engenharia Civil e fica localizado no Centro de Tecnologia e Geociências (CTG).

Imediatamente após a coleta das amostras, as mesmas eram levadas ao laboratório para realização das primeiras análises, para as quais era utilizado um medidor multiparâmetro da marca Hach, modelo HQ40 D. O medidor foi utilizado para as variáveis: temperatura, pH, salinidade e condutividade. As variáveis determinadas com ensaios laboratoriais foram: turbidez, cor real, cor aparente, sólidos suspensos totais, coliformes totais e coliformes termotolerantes.

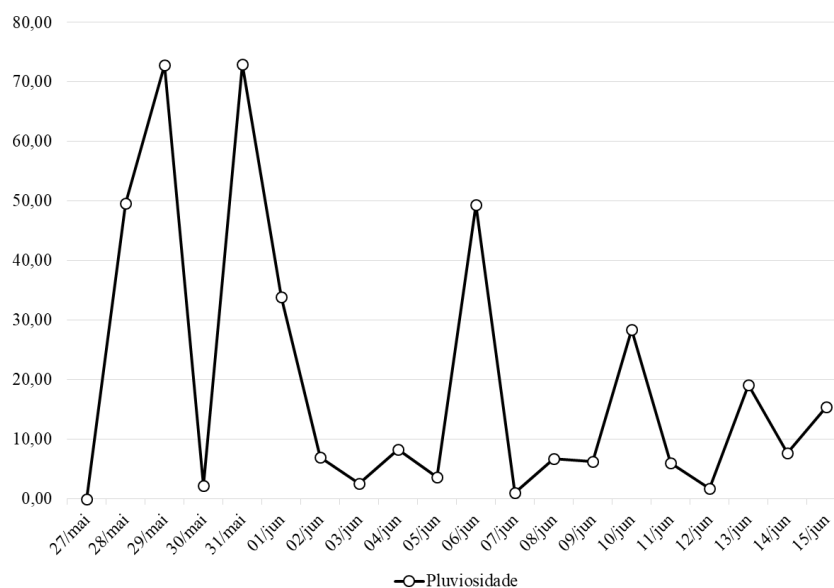
Tabela 14 – Variáveis analisadas e respectivos procedimentos aplicados

Parâmetro	Métodologia
pH	Eletrométrico – Standard Methods 4500 H ⁺ B, 2012.
Temperatura	Laboratório e Campo – Standard Methods 2550 B, 2012.
Salinidade	Condutividade elétrica – Standard Methods 2520 B, 2012
Condutividade	Laboratório – Standard Methods 2510 B, 2012.
Turbidez (uT)	Nefelométrico – Standard Methods 2130 B, 2012.
Cor real (uH)	Espectométrico – Standard Methods 2120 C, 2012.
Cor aparente (uH)	Espectométrico – Standard Methods 2120 C, 2012.
Sólidos suspensos totais (mg/l)	Seco a 103 – 105 °C – Standard Methods 2540 D, 2012.
Coliformes totais (NMP/100ml)	Método Colilert, 2017.
Coliformes termotolerantes	Método Colilert, 2017.

3.2.3 Dados pluviométricos

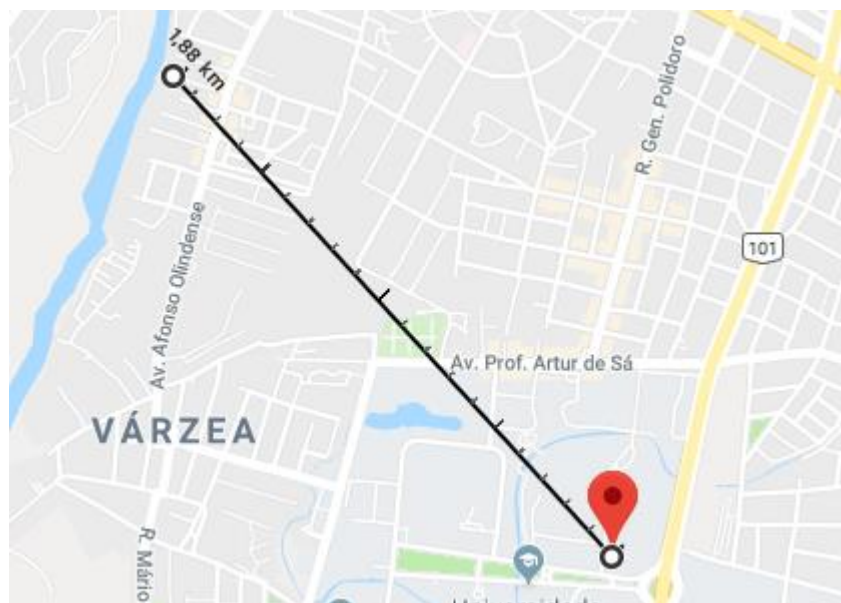
A coleta de dados pluviométricos foi realizada no endereço eletrônico da Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC (Figura 23). A estação selecionada foi a *Várzea**, localidade *Recife*, que se encontra na Rua José Noya – cerca de 1,9 quilômetros (Figura 24). Por esse motivo, foi considerado neste trabalho que a precipitação por ele medida era correspondente à precipitação na área do Prédio Sede do Curso de Medicina da UFPE do *campus Recife*.

Figura 23 - Hietograma do posto Várzea* durante o período de observação.



Fonte: APAC (2017).

Figura 24 - Distância entre a estação pluviométrica e a área de estudo.



Fonte: Google Maps (2018).

3.3 AVALIAÇÃO DA ETACP

A avaliação da ETACP foi realizada a partir da comparação da qualidade de seu afluente e efluente ao longo do período de estudo. O afluente foi comparado com dados da literatura nacional e internacional.

Para o efluente da estação foram adotados como parâmetros de qualidade a NBR 13.969:1997 “Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos

efluentes líquidos – Projeto, construção e operação”; NBR 15.527:2007 “Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”; o manual de 2005 “Conservação e Reúso da Água em Edificações” elaborado através de uma parceria entre a Agência Nacional de Águas (ANA), a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e o Sindicato da Construção Civil de São Paulo (SINDUSCON-SP). Também foram utilizados os parâmetros de qualidade para reuso de água em descarga de bacias sanitárias da Austrália, Alemanha, Japão, Canadá e de alguns estados dos EUA.

Utilizando o software Excel 2013, foram calculados as médias e desvios padrão dos resultados de cada variável, bem como a eficiência da ETACP no tratamento das mesmas, considerando a variação dos valores obtidos no afluente e efluente. Além disso, o referido software foi utilizado para construção dos gráficos apresentados neste trabalho.

3.4 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE NA VARIAÇÃO DA QUALIDADE DO AFLUENTE

Utilizando o software Excel 2013, foram traçados gráficos reunindo os resultados das variáveis e a pluviosidade no mesmo período. Com isso, foi possível examinar a relação entre a intensidade pluviométrica e os resultados de cada variável analisada do afluente da ETACP.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No capítulo 4 serão apresentados e discutidos os resultados das análises realizadas com o objetivo de avaliar o desempenho da ETACP no tratamento da mistura de águas cinzas com pluviais sob a óptica descrita no tópico 3.3. As análises presentes na avaliação foram realizadas no período de 30 de maio à 15 de junho de 2017. Durante esse período, observou-se que o fluxo de usuários do prédio foi inferior ao previsto em projeto, porém não foi possível quantificar esse número.

4.1 RESUMO DE RESULTADOS

A Tabela 15 apresenta o resumo dos resultados obtidos nas análises. Os dados completos encontram-se na Tabela 18, no Apêndice A deste trabalho.

Tabela 15 - Apresentação estatística dos resultados

Variável	n	Amostra	Mín	Max	Mediana	Média	D.P.
pH	11	Bruta	8,2	9,11	8,86	8,77	0,31
		Tratada	8,5	9,2	8,94	8,92	0,2
Salinidade (‰)	11	Bruta	0,02	0,03	0,03	0,02818	0,00405
		Tratada	0,31	0,35	0,33	0,32727	0,01191
Condutividade (µS/cm)	11	Bruta	55,9	80,8	68,3	68,3	7,8
		Tratada	665	763	707	704,1	28,4
SDT (mg/l)	11	Bruta	35,8	51,7	43,7	43,7	5,0
		Tratada	426	488,32	452,48	450,6	18,2
Turbidez (FAU)	11	Bruta	27	46	31	34,5	7,2
		Tratada	3	17	9	8,9	5,3
Cor real (uH)	11	Bruta	4	22	10	11,4	6,7
		Tratada	20	56	25	28,9	9,9
Cor Aparente (uH)	11	Bruta	95	155	115	115,8	16,6
		Tratada	26	68	43	44,3	14,3
Temperatura (°C)	11	Bruta	28,2	31,9	29,5	29,6	1,2
		Tratada	26,9	28,5	28	28,0	0,4
SST (mg/l)	6	Bruta	26	194	68	81,2	65,3
		Tratada	9	177	41,5	62,6	63,2
Coli. Totais (NMP/ml)	2	Bruta	-	-	-	>2,4x10 ⁴	-
	2	Tratada	-	-	-	8,7x10 ³	-
Coli. Termotolerantes (NMP/ml)	2	Bruta	3,3x10 ²	1,2x10 ³	7,6x10 ²	7,6x10 ²	6,2x10 ²
	2	Tratada	1,2x10 ²	1,0x10 ³	5,9x10 ²	5,9x10 ²	6,5x10 ²

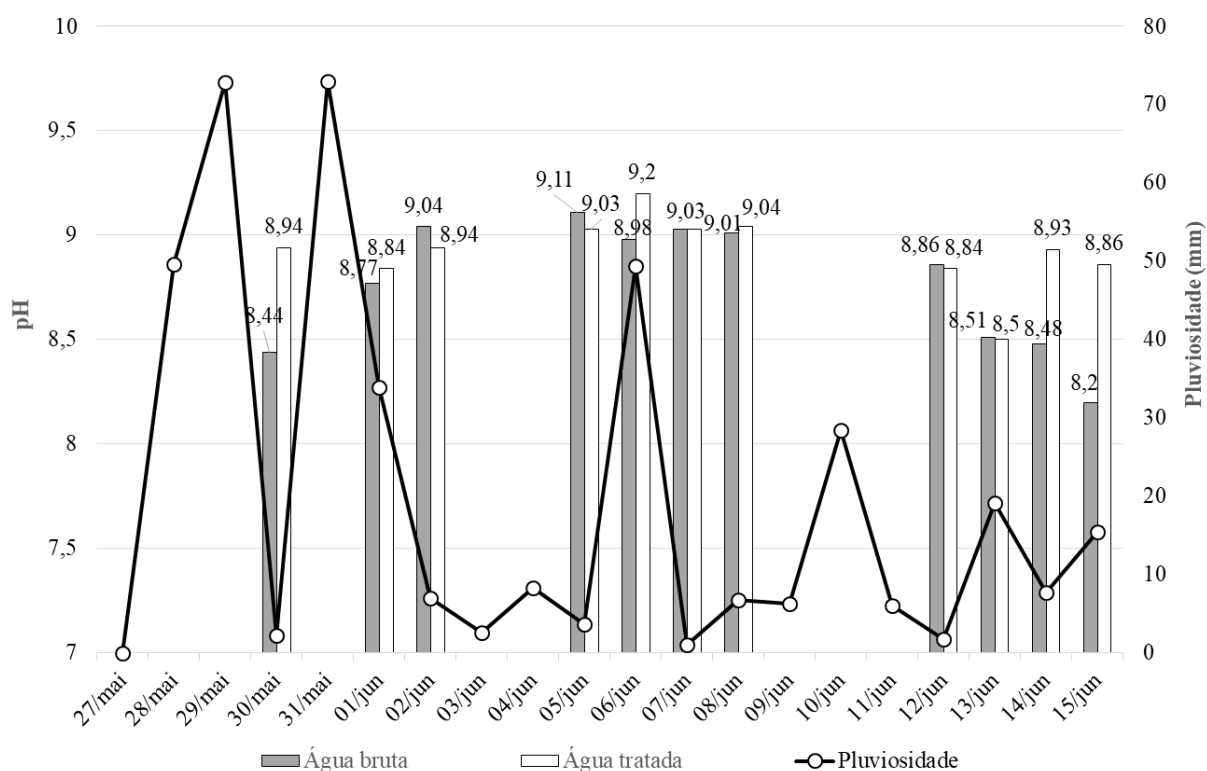
Fonte: Autor (2018).

4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.2.1 pH

Segundo May (2008), o pH das águas pluviais pode sofrer interferência com a frequência de chuvas. Em meses com precipitação mais frequente, ou em dias consecutivos de chuva, as águas pluviais tendem a apresentar pH superior, o que pode explicar a tendência observada na Figura 25. Nela observou-se que a diminuição da pluviosidade é acompanhada pela diminuição do pH das amostras sem tratamento. Mas o impacto dessa variação não é instantâneo, tende a ser observado alguns dias após (2 a 3 dias).

Figura 25 - Influência da pluviosidade no pH.



Para Jaques (2005), mesmo em áreas inalteradas pela ação do homem, o pH da água da chuva encontra-se próximo de 5,0 devido à presença de NO_x , CO_2 e SO_4 que reagem com a água formando ácidos (nitríco, carbônico e sulfúrico, respectivamente) que diminuem o pH. Apesar disso, há uma tendência de haver um aumento considerável no pH da água de chuva após a mesma entrar em contato com o telhado.

Segundo May (2004), em estudo realizado em São Paulo, as amostras da chuva coletadas antes do contato com a superfície de telhados apresentaram pH médio de 4,9 e as amostras de chuva coletadas do telhado apresentaram uma variação de pH de 5,8 a 7,6. Ainda segundo May

(2004), essa variação foi causada pela presença de matéria orgânica, microrganismos no telhado e pela composição dos materiais da edificação. Um exemplo desses materiais é o cimento Portland, que é um insumo largamente utilizado em construções no mundo e, de acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland, seu pH oscila entre 12 e 12,5. A presença de hidróxido de cálcio na composição influencia bastante no pH do cimento. O contato com a água pode causar a dissolução e transporte dos cristais de hidróxido de cálcio em estruturas compostas por esse material, geralmente em estruturas de concreto. Esse processo é conhecido como lixiviação.

O afluente do sistema, combinação da água cinza com a pluvial, obteve pH médio de $8,77 \pm 0,31$. A diferença entre os valores obtidos por May (2004) e resultados expostos na Tabela 10 em comparação aos deste trabalho pode ser explicada pela alteração resultante do contato com a superfície de captação e tubulações, além das águas cinzas que compõe a mistura. Como pode ser observado na Tabela 5, o pH de águas cinzas segregadas de lavatórios apontado por pesquisa realizada na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) em 2005 varia de 6,63 a 8,97. O pH das águas cinzas depende basicamente do pH da água de abastecimento. No caso da edificação em questão, a água é proveniente dos poços da UFPE, que passam por tratamento na Estação de Tratamento de Águas instalada na universidade.

Nas amostras de água tratada a média de pH foi de $8,92 \pm 0,18$. A NBR 13.969:1997 não estipula uma faixa de pH aceitável para o reuso de água em descarga de vaso sanitário, classe 3 de reuso. Apenas para a classe 1, usos que requerem contato direto do usuário com a água, é definida uma faixa. Como pode ser observado pelos parâmetros exibidos na Tabela 6, os valores obtidos neste caso excedem o valor máximo permitido que é pH 8. Também excede a faixa estipulada pela NBR 15527:2007 para água de chuva¹, Tabela 11. Já para os valores definidos pela SIDUNCON-SP (2005), Tabela 8, o pH de 6 a 9 está de acordo para o reuso em descargas.

Quanto aos padrões internacionais para o pH², Japão e Alemanha, exibidos na Tabela 9, as amostras estão de acordo. Os demais citados neste trabalho não definem uma faixa aceitável de pH.

¹ Para o uso de águas pluviais para fins não potáveis, a NBR 15.527:2007 define a faixa de pH aceitável de 6 a 8.

² Para reuso de águas cinzas em descarga de vasos sanitários no Japão e Alemanha, a faixa permitida para o pH é de 6 a 9.

4.2.2 Turbidez

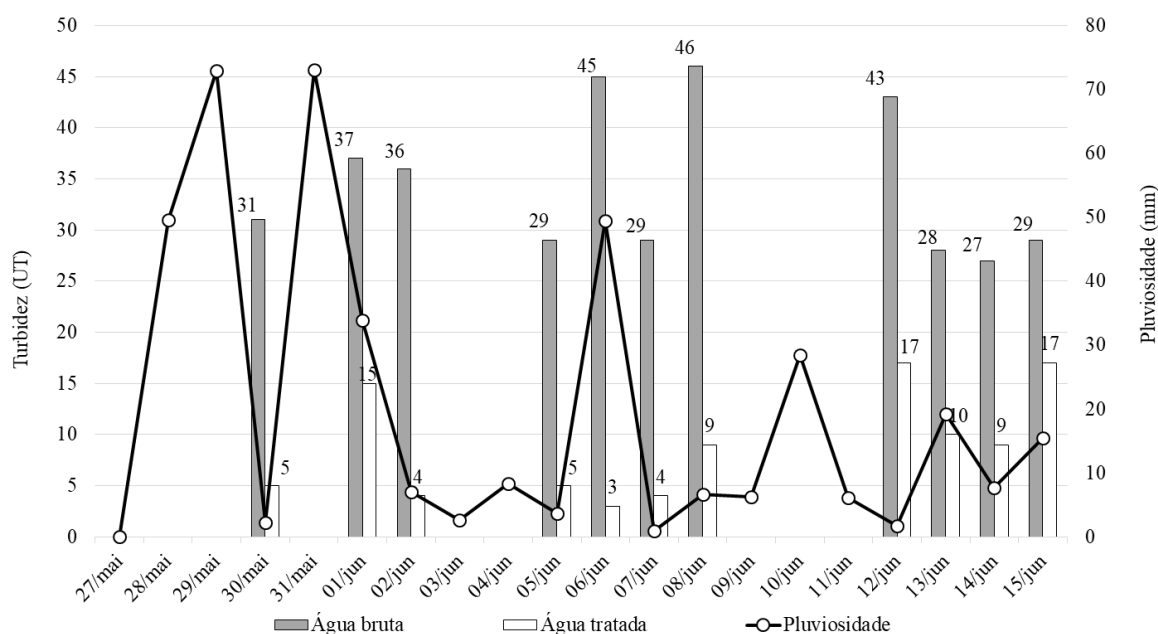
As águas cinzas podem apresentar grande variabilidade em sua turbidez, dependendo de qual foi a sua utilização. Para Rebello (2004), a turbidez representa o grau de interferência com a passagem de luz através da água, conferindo uma aparência turva a esta, devido os sólidos em suspensão. De modo geral, as águas cinzas apresentam turbidez elevada devido a presença de sólidos suspensos como resíduos de alimentos, cabelos e fibras de tecidos.

A mistura da água cinza com a pluvial obteve turbidez média de $34,4 \pm 7,2$, passando para $8,9 \pm 5,3$ após o tratamento, uma eficiência média de 73%. A média obtida para as amostras não tratadas encontram-se bem abaixo da maioria dos valores apresentados na Tabela 5, até mesmo para a água de lavatório segregada, ressaltando a influência das águas pluviais na mistura. Ela atua como um diluidor de sólidos, pois normalmente apresenta baixa turbidez. Sua contaminação com sólidos acontece no contato com a superfície. Para contornar esse problema, alguns sistemas de coleta de águas pluviais contam com uma etapa de separação da primeira parte do volume captado, como o DesviUFPE, por exemplo. Com a utilização desse dispositivo, em pesquisa realizada por Silva *et al* (2017), foi obtida diminuição significativa nas variáveis turbidez, sólidos totais, coliformes totais, *E. Coli*, cor real e cor aparente. Mais informações apresentadas pelo Apêndice B.

Embora não haja esta etapa separadora no sistema estudado, após a captação, a água pluvial segue por uma tubulação até passar por caixas filtrantes, como detalhado no tópico 3.1.2. Além disso, todo o afluente passa por um gradeamento que remove os sólidos grosseiros.

Verificou-se, pela Figura 26, que os valores de turbidez tendem a aumentar com a diminuição da pluviosidade. Outra conclusão é que a eficiência do sistema também vai caindo com a diminuição da pluviosidade.

Figura 26 - Influência da pluviosidade na turbidez.



O valor médio de turbidez na água tratada se enquadra no limite indicado pela NBR 13.969:1997 para o reuso em descarga, que é de 10 NTU. Mas, para NBR 15.527:2007 e o manual da SINDUSCON-SP, as amostras estão fora do padrão, limitado a 2 NTU. Para os padrões internacionais³ apresentados neste trabalho, os valores obtidos após o tratamento também não foram aceitos no período de observação.

4.2.3 Sólidos suspensos totais

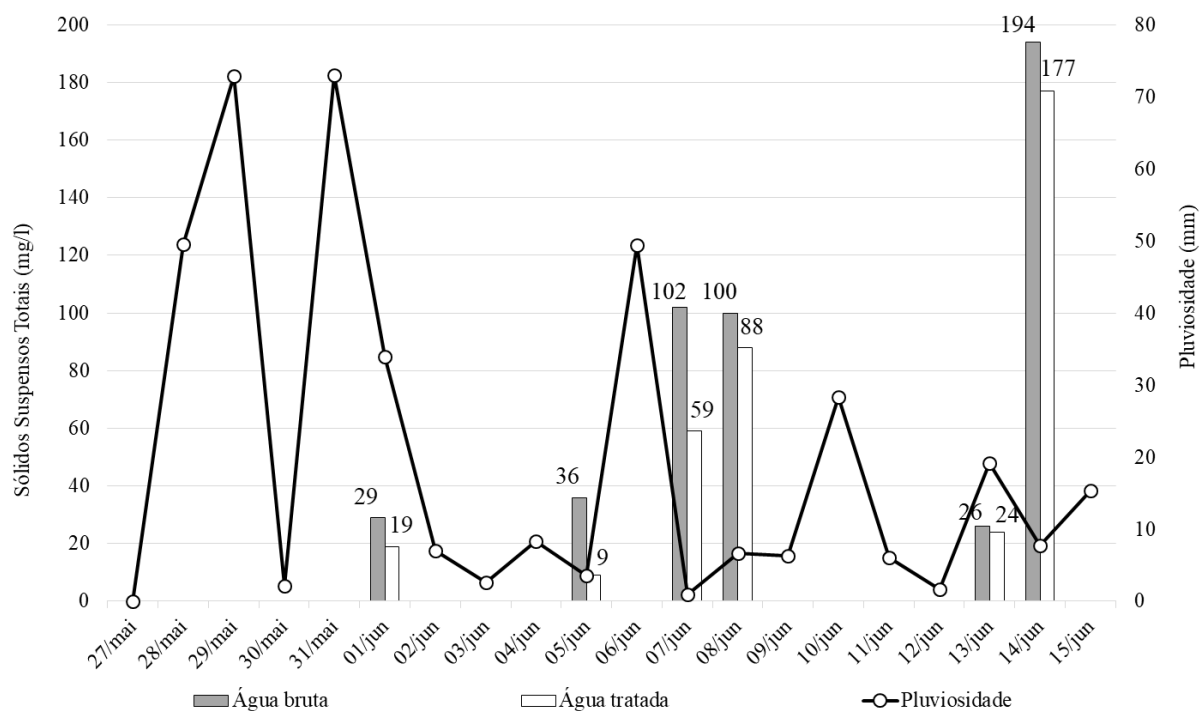
Em relação aos SST, o afluente da ETACP apresentou uma concentração média de $81,2 \pm 65,3$ mg/l. Com uma eficiência média de 31% na remoção, após o tratamento o valor médio de SST nas amostras foi para $62,6 \pm 63,2$. A eficiência na remoção de sólidos suspensos mostrou-se insatisfatória, pois além do valor baixo, apresentou grande oscilação, variando de 8% a 75%.

Comparando-se com a Tabela 5, os valores de sólidos obtidos para as amostras brutas foram baixos, mesmo para as águas do lavatório segregadas. Isso novamente ratifica a influência da pluviosidade nas concentrações de SST. Na Figura 27 é possível observar que a

³ De acordo com os padrões internacionais indicados na Tabela 9, o valor máximo de turbidez para reuso de águas cinzas em descarga de vasos sanitários varia de 1 a 5 NTU.

diminuição da precipitação é acompanhada pelo aumento da concentração de sólidos. Também é possível observar para esta variável a influência da pluviosidade na eficiência do sistema. A capacidade do sistema de remover os sólidos vai diminuindo com a queda da pluviosidade.

Figura 27 - Influência da pluviosidade nos SST.



As NBR 13.969:1997 e 15.527:2007 não apresentam parâmetros para sólidos suspensos. Para o manual de reuso da SINDUSCON-SP⁴, no período de observação, a água tratada na ETACP não foi enquadrada para reuso em descarga sanitária em relação a variável SST. Comparando-se com os parâmetros internacionais⁵, apresentados pela Tabela 9, as amostras também não se encaixaram nos padrões apresentados para SST.

4.2.4 Condutividade, salinidade e sólidos dissolvidos totais

Resultados inesperados foram obtidos para as variáveis condutividade e salinidade. A mistura da água cinza com a pluvial obteve um resultado médio de $68,3 \pm 7,8 \mu\text{S/cm}$ e $0,028 \pm 0,004 \text{ ‰}$, respectivamente. Após o tratamento, a média elevou-se para $704,1 \pm 28,4 \mu\text{S/cm}$ e

⁴ Para o reuso de águas cinzas para descarga de vasos sanitários, a NBR 13.969:1997 define o limite de SST aceitável em 5 mg/l.

⁵ De acordo com os padrões internacionais indicados na Tabela 9, o valor máximo de SST para reuso de águas cinzas em descarga de vasos sanitários varia de 5 a 30 mg/l.

$0,327 \pm 0,012$ ‰, um aumento médio de 942% e 1089%, nessa ordem. A condutividade que inicialmente apresentava valores baixos comparados aos resultados de Bazzarella (2005), Tabela 5, mesmo para as águas de lavatório segregadas, após o tratamento assume para esta variável valor semelhante ao de efluente sanitário. A Figura 28 apresenta os valores obtidos nas análises de condutividade e salinidade nas amostras brutas e tratadas.

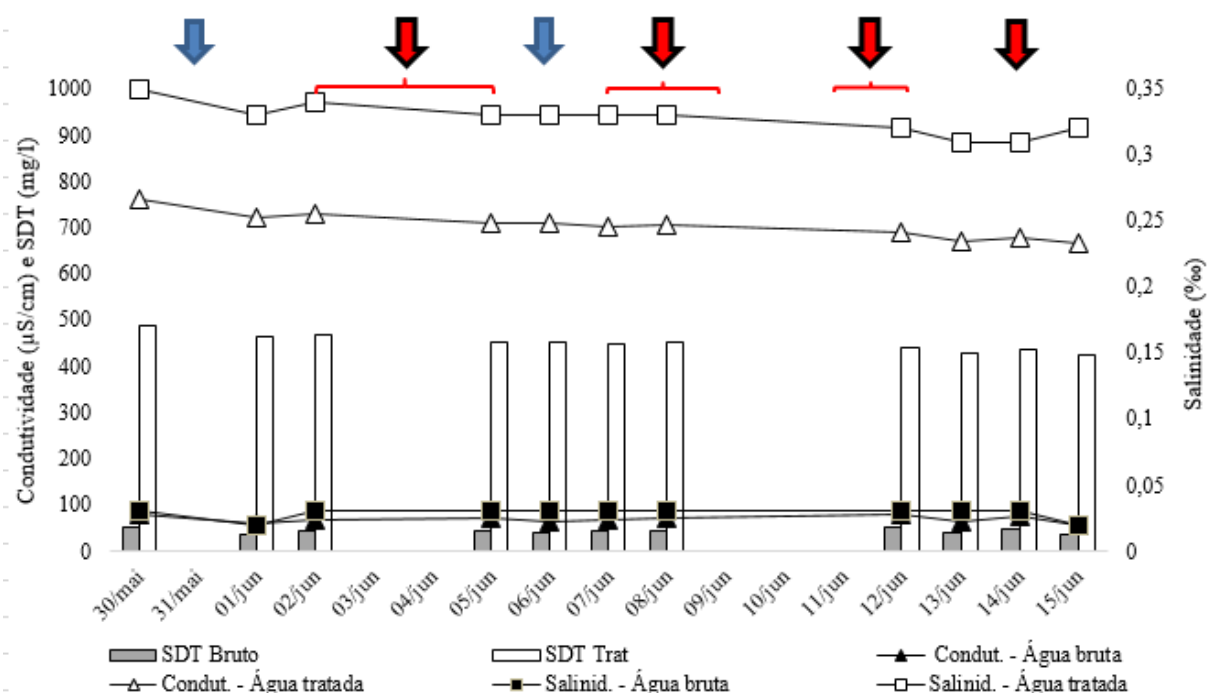
Há uma relação que pode ser feita entre a condutividade e os sólidos dissolvidos totais presentes em uma amostra. Para Metcalf & Eddy (1991) e APHA *et al* (1992) essa relação pode ser quantificada pela equação abaixo:

$$STD = 0,640C$$

Sendo “C” a condutividade em $\mu\text{S}/\text{cm}$ e “STD” sólidos totais dissolvidos em mg/l . De acordo com esta equação, pode se considerar que as concentrações médias seriam de 43,7 mg/l para a água bruta e 450,6 mg/l para a água com tratamento pela ETACP. Esses dados podem indicar uma possível contaminação pelo material do filtro da ETACP ou no primeiro reservatório inferior, devido ao aumento expressivo dos valores dessas variáveis após o tratamento. A estimativa de sólidos dissolvidos realizada reforça a hipótese de contaminação no filtro ou no primeiro reservatório inferior.

Quanto a influência da pluviosidade na variação de condutividade, salinidade e SDT, foi considerada sem significância, apesar da variação significativa na precipitação ao longo do período de observação. A Figura 28 apresenta os resultados de condutividade, salinidade e sólidos dissolvidos totais junto à indicação dos dias com pluviosidade superior a 40 mm e inferior a 10 mm.

Figura 28 - Influência da pluviosidade na condutividade, salinidade e SDT.



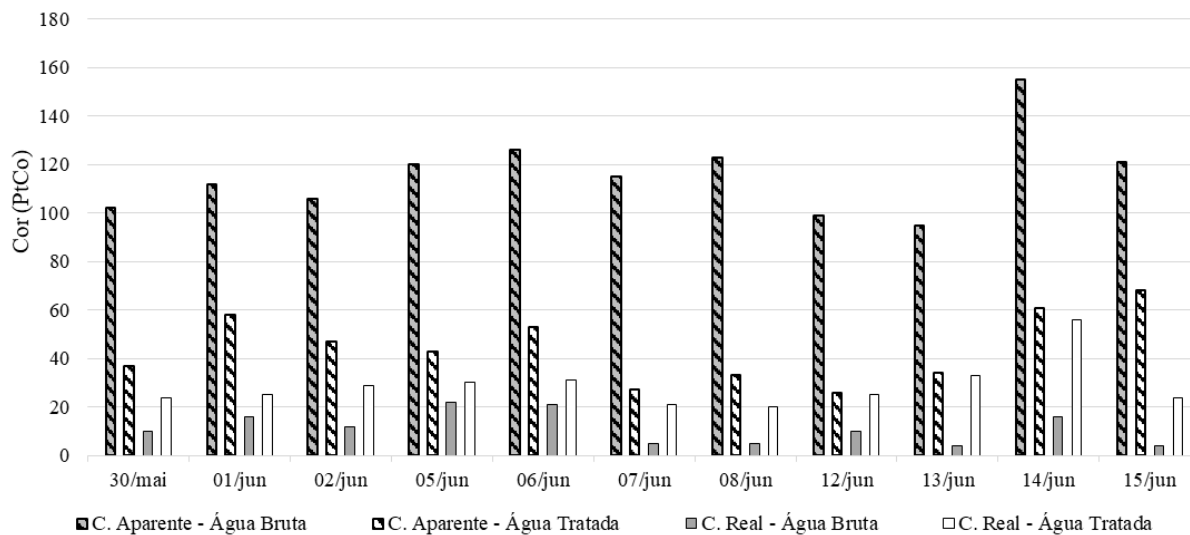
Dentre as referências de qualidade de águas para reuso apresentadas neste trabalho, não há especificação quanto aos valores de definem parâmetros para salinidade. Para a condutividade, o manual da SINDUSCON SP indica somente para a classe 3 de reuso, rega de jardins e irrigação de áreas verdes, a faixa de 700 a 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a qual a média das amostras tratadas está de acordo. Quanto aos sólidos dissolvidos, a água tratada poderia ser utilizada para descarga segundo o manual, pois está abaixo do limite de 500 mg/l. Pela NBR 13969:1997, a água tratada estaria em desacordo no parâmetro de SDT, pois excede o limite de 200 mg/l. A NBR 15.527:2007 nem as normas internacionais apresentadas definem parâmetros acerca dessas 3 variáveis.

4.2.5 Cor aparente e cor real

As amostras brutas obtiveram cor aparente média de $115,8 \pm 16,6$. Após o tratamento, o valor caiu para $44,3 \pm 14,3$, atingindo uma eficiência média de 62%. Como no tópico 4.2.4, resultados inesperados foram obtidos também para cor real, mas com menor variação. As amostras brutas atingiram uma média de $11,4 \pm 6,7$ UC. Após o tratamento, a cor se elevou para a média de $28,9 \pm 9,9$ UC, um aumento médio de 242%. Abaixo são apresentados os valores obtidos nas análises de cor real nas amostras brutas e tratadas, bem como a variação percentual

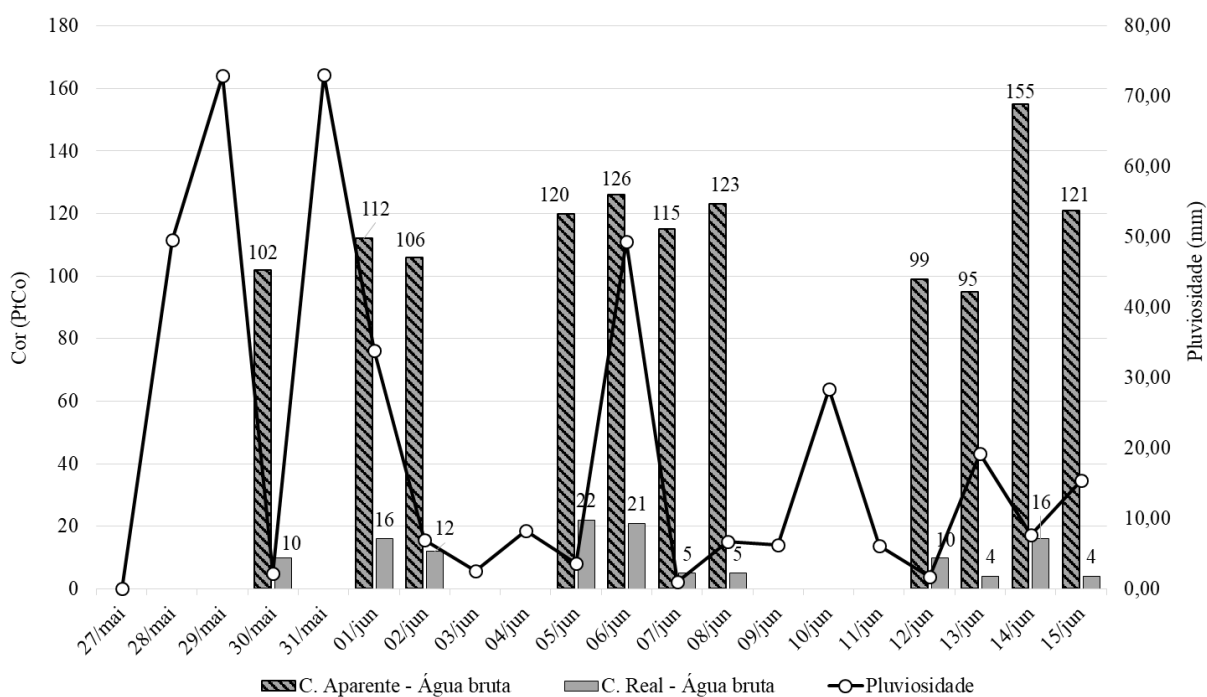
entre elas. A Figura 29 apresenta os resultados das amostras brutas dessas variáveis junto à pluviosidade.

Figura 29 - Série temporal de cor aparente e cor real (PtCo).



Foi possível observar que há uma influência da pluviosidade na variação da cor aparente das amostras brutas (Figura 30). Mas, não foi observada influência da mesma na variação da eficiência da ETACP no tratamento desta variável.

Figura 30 - Influência da pluviosidade na cor.



A estimativa de sólidos dissolvidos feita no tópico 4.2.4 corrobora esses resultados, pois a cor real de uma amostra está intimamente ligada à sua concentração de SDT. Segundo Rebello (2004), a cor é determinada por uma alteração na aparência da água provocada pelos sólidos dissolvidos como ocorre, por exemplo, quando existe a decomposição da matéria orgânica no meio líquido.

A partir da Figura 30, embora uma observação geral do gráfico indique que a cor real esteja diminuindo juntamente com a pluviosidade, olhando-se atentamente os resultados de cor após os intervalos de dias com pouquíssima chuva, pode-se observar que a cor real aumenta após estes. Indicando que a água proveniente da chuva está atuando como diluidora.

Nem a NBR 13969:1997, nem os parâmetros internacionais apresentados estipulam parâmetros aceitáveis quanto à cor das amostras. Já o manual da SINDUSCON-SP de 2005 sugere para as classes 1 e 3 os valores máximos para cor aparente de 10 e 30 UC, respectivamente, e a NBR 15.527:2007 o limite de 15 UC também para cor aparente. Nenhum desses parâmetros de qualidade não foram atingidos pela água tratada pela ETACP no período de observação da pesquisa.

4.2.6 Coliformes totais e termotolerantes

As análises para detecção de coliformes foram realizadas somente ao final do período de observação, dias treze e quinze de junho de 2017. Foi detectada a presença de Coliformes Totais e Termotolerantes. A Tabela 16 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 16 - Resultados das análises de Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)

Data	Amostra	CT	C Termo.
13/Jun	Água bruta	$>2,4 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3$
	Água tratada	$>2,4 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$
15/Jun	Água bruta	$>2,4 \times 10^4$	$3,2 \times 10^2$
	Água tratada	$8,7 \times 10^3$	$1,2 \times 10^2$

Fonte: Autor (2018).

Nos resultados das análises de Coliformes Totais, os resultados foram além do limite de detecção do método, não sendo possível determinar sua concentração, com exceção de uma das análises. Apenas para a amostra tratada do dia quinze foi possível determinar a concentração Coli. Totais em 8.664 NMP/100ml. Para os Coliformes Termotolerantes, também chamados de Coliformes Fecais, foi possível determinar as concentrações presentes nas amostras.

É importante destacar que, o sistema não possui etapa de desinfecção, embora previsto no projeto e no caderno de especificações técnicas da ETACP a inclusão de uma etapa de cloração após o filtro.

Considerando-se a maior concentração obtida para CF nas amostras tratadas como uma média, para efeito de avaliação, tem-se 1.046,2 NMP/100ml. Desse modo, cumpre apenas o exigido à classe 4 de reuso da NBR 13.969:1997.

Apesar da quantidade reduzida de dados a respeito de coliformes, os resultados obtidos evidenciam a importância da etapa de desinfecção num sistema de tratamento, principalmente num processo compacto.

4.3 ANÁLISE DA QUALIDADE GLOBAL DA ÁGUA

Um dos principais motivos da implantação de um sistema de reuso de águas cinzas ou coleta de águas pluviais, além da preservação desse recurso natural, é a economia financeira, pois se evitará o consumo parcial ou total da água fornecida pelo concessionário local. Todavia, a segurança da saúde do usuário deve vir sempre em primeiro lugar. O sistema de tratamento estudado foi projetado para modificar as características do seu afluente a ponto de sua qualidade ser satisfatória para o uso em descargas sanitárias. Após confrontar os resultados obtidos com as referências, no período de observação do trabalho, o tratamento da ETACP não havia atingido os padrões de qualidade, como apresenta a Tabela 17.

Tabela 17 – Resultado da avaliação de qualidade

Variável	NBR 13.969:1997 Classe de reuso	Manual SINDUSCON-SP Classe de reuso	NBR 15.527:2007 Avaliação	Ref. Inter. Avaliação
pH	2*	1, 2 e 3	Reprovado	Aprovado
Salinidade	**	**	**	**
Condutividade	**	1, 2, 3 e 4	**	**
SDT	2*	1, 2, 3 e 4	**	**
Turbidez	3*	2 e 4	Reprovado	Reprovado
Cor real	**	**	**	**
Cor Aparente	**	2 e 4	Reprovado	**
SST	**	4	**	Reprovado
Coli. Totais	**	**	Reprovado	Reprovado
Coli. Termo.	4	4s	Reprovado	Reprovado
RESULTADO	Classe 4	Classe 4s	Reprovado	Reprovado

* Aprovado nesta classe e inferiores

** Valor não definido

Fonte: Autor (2018).

Tomando como base a NBR 13.969:1997, desconsiderando a ausência das análises das variáveis oxigênio dissolvido e cloro, a água tratada pela ETACP foi classificada como classe 4 de reuso. Ou seja, poderia ser utilizada apenas para irrigação de pomares, cereais, forragens, pastagens para gado e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. A variável determinante para essa classificação foi coliformes termotolerantes, como pode ser observado na Tabela 17. Por esta avaliação, durante o período de observação da pesquisa, ainda não seria recomendado o reuso para descarga de vasos sanitários, classe 3 de reuso para a norma. Os usos de cada classe são apontados em mais detalhes no tópico 2.2.2.1.

Sob a perspectiva do manual Conservação e Reuso da Água em Edificações, a partir de um mínimo ajuste no pH, o efluente tratado pode facilmente ser categorizado como classe 4s. Sendo esta, empregada no resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento) sem recirculação. Sob essa avaliação, a água também estaria, no período de observação, em condições não recomendadas para o uso em descarga de vasos sanitários. Os resultados das variáveis coliformes termotolerantes e sólidos suspensos se destacaram por apresentarem desconformidade mais acentuada com o padrão. Os usos de cada classe são apontados em mais detalhes no tópico 2.2.2.2. Diferente da avaliação anterior, mesmo com a correção dos resultados de Coliformes Termotolerantes, os resultados de turbidez, sólidos suspensos e cor aparente ainda estariam fora do padrão para o uso em descarga, classe 1 de reuso pelo manual.

Para a NBR 15.527:2007, as variáveis avaliadas nesse trabalho, que são citadas pela norma, não foram enquadradas dentro do padrão durante o período de observação. Ressaltando que a NBR trata do uso de águas pluviais e não cinzas.

Tomando-se como base os padrões internacionais apresentados nesse trabalho para reuso de descargas de vasos sanitários (Tabela 9), com exceção da faixa de pH fixada na Alemanha e Japão, os resultados das amostras tratadas não se encaixam nas referências apontadas.

5 CONCLUSÕES

Partindo-se do exposto no tópico 4.3, a água tratada pela ETACP não era recomendada para reuso em descarga de vaso sanitário no período estudado, 30 de maio de 2017 a 15 de junho de 2017. Os resultados das avaliações expõem a importância da inclusão da etapa de desinfecção no tratamento de águas para reuso. Com essa etapa incorporada ao processo, poderia ser elevado o padrão de qualidade ao necessário para seu uso em descargas, atendendo as exigências brasileiras. Além disso, devido ao período de avaliação ter sido próximo ao início do funcionamento da ETACP, leva a considerar a insuficiência de tempo para o satisfatório desenvolvimento microbiológico no interior do filtro. Com o desenvolvimento adequado das bactérias no meio filtrante, é possível atingir o nível de tratamento para o qual o sistema foi projetado.

Também foi avaliada a influência da pluviosidade na qualidade do afluente, sendo detectado que algumas variáveis sofreram influência da oscilação pluviométrica em seus valores nas amostras brutas. Esta influência já era esperada, já que de acordo com o projeto da ETACP, ao longo do ano, a maior parte do volume tratado resulta da contribuição pluvial.

Considerando as amostras sem tratamento, a variável pH reagiu com queda à diminuição da pluviosidade, ou seja, a diminuição da chuva causou uma acidificação do afluente, devido a composição do telhado. Para a turbidez, sólidos suspensos e cor aparente, os valores se elevaram à medida que a pluviosidade diminuía ao longo do tempo do estudo. No caso da cor real, foi detectado que sofria elevação após dias com pouca chuva, mas voltava a cair após dia de chuva mais forte. Para as variáveis condutividade, salinidade e sólidos dissolvidos, foi observada uma discreta queda com a diminuição da pluviosidade, mas considerada sem significância. Com isso, de modo geral, avalia-se que a queda da pluviosidade impactou na diminuição da qualidade do afluente no sistema de tratamento.

6 RECOMENDAÇÕES

Foram identificados alguns pontos cabíveis de aprimorados neste trabalho. Com o objetivo de instruir futuras pesquisas, foram expostas abaixo algumas recomendações.

- Aumentar o período de observação;
- Incluir análise de concentração de oxigênio dissolvido e cloro;
- Definir cronograma de análises microbiológicas para contemplar início, meio e fim do período de observação;
- Adicionar ponto de coleta no reservatório superior de água para reuso ou na caixa dos vasos sanitários.

Visando aprimorar o processo de tratamento da ETACP e facilitar o atendimento das condições mínimas de qualidade da água para uso, foram apresentadas recomendações para serem implementadas. Com isso, é possível almejar outras aplicações para a água produzida na ETACP. Mais informações no Apêndice B.

- Inclusão de etapa de desinfecção no tratamento;
- Inclusão de sistema de separação da primeira água pluvial.

REFERÊNCIAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. “O cimento pode causar algum mal à saúde?”. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/perguntas-frequentes/o-cimento-pode-causar-algum-mal-a-saude>>. Acesso em 12/08/2018.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação**. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007. 8 p.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington, DC, 2012.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. “Quantidade de água”. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/>>. Acesso em 07/05/2018.

APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. Monitoramento pluviométrico. Disponível em <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em 1 de setembro de 2017.

Aquapolo. Disponível em < <http://www.aquapolo.com.br>>. Acesso em 18 de junho de 2018.

AQUINO, V. Reúso industrial e aproveitamento de águas pluviais: soluções viáveis para tempos de escassez. **Revista TAE**. Disponível em <<http://www.revistatae.com.br/8012-noticias>>. Acesso em 18 de junho de 2018.

BARROS, Helder Moraes Mendes *et al.* Reúso de água na agricultura. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 11-16, dez. 2015.

Biotratec. Disponível em: < <https://biotratec.com.br/reuso-agua-cinza/>>. Acesso em 3 de setembro de 2018.

CHRISPIM, M. C. **Avaliação de um sistema de tratamento de águas cinzas em edifício de campus universitário**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014. 146 p.

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MACFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. **Desalination**. v. 106, n. 1-3, p. 391-397, 1996.

COELHO, Eugênio Ferreira; COELHO, Maurício Antônio Filho; OLIVEIRA, Sizenando Luiz. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v.7, n.1, p.57-60, set. 2005.

FERREIRA, D. F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC**. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. 139 p.

FIORI, Simone; FERNANDES, Vera Maria Cartana; PIZZO, Henrique. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan. 2006.

GHISI, Eneidir. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, nov. 2006.

GONÇALVES, Ricardo Franci *et al.* **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, v.5, 352p. (Projeto PROSAB, Edital 4). 2006.

JAQUES, R. C.; RIBEIRO, L. F. LAPOLLI, F.R. **Avaliação da qualidade da água de chuva da cidade de Florianópolis – SC**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 23. 2005, Campo Grande, *Anais...* Campo Grande: ABES. 2005. p. 112 – 112.

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004. 159 p.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. 222 p.

MEDEIROS, Letícia. Sem lei específica, imóvel novo com reúso de água é raridade em SP. **G1 São Paulo**, São Paulo, 11 de fev. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/02/sem-lei-especifica-imovel-novo-com-reuso-de-agua-e-raridade-em-sp.html>>. Acesso em 13 de junho de 2018.

MERGULHÃO, J. C. Z.; EMERY, R. D. B. **Avaliação do desempenho de uma estação de tratamento de águas cinzas visando o reuso não-potável**. Dissertação (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória 2011, 111 p.

METCALF L.; EDDY; H.; TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L. **Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse**. 3rd.ed. New York: McGraw-Hill, 1991. 1334p.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-story buildings – over ten years experience in Berlin. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.

OLIVEIRA, R.; SILVA, S. A.; ATHAYDE, G. B. J.; SILVA, S. T. A. **Relação entre condutividade e sólidos totais dissolvidos em amostras de esgoto bruto e de lagoas de**

estabilização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 20. 1999, Rio de Janeiro, *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.869-874.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. “Relatório da UNESCO indica soluções baseadas na natureza para uma melhor gestão da água”. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/relatorio-da-unesco-indica-solucoes-baseadas-na-natureza-para-uma-melhor-gestao-da-agua>>. Acesso em 17 de maio de 2018.

PENA, R. F. A. "Distribuição da água no Brasil"; *Brasil Escola*. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>>. Acesso em 07 de maio de 2018.

PORTAL BRASIL. “Governo vai investir R\$ 100 mi em cisternas no Nordeste”. 2015. Disponível em: <<https://viacarreira.com/regras-da-abnt-para-tcc-conheca-principais-normas-102759/#referencias>>. Acesso em: 09 de agosto de 2018.

PORTAL BRASIL. “Governo Sertão alagoano recebe 8,4 mil cisternas para consumo”. 2017. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2017/04/sertao-alagoano-recebe-8-4-mil-cisternas-para-consumo>>. Acesso em: 09 de agosto de 2018.

REBELLO, G. A. O. **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo, 2004, 96 p.

RESENDE, André. Fábrica no Sertão aproveita chuva e reduz 50% do consumo anual de água. **G1 Paraíba.** 18 de ago. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2015/08/fabrica-no-sertao-aproveita-chuva-e-reduz-50-do-consumo-anual-de-agua.html>>. Acesso em 25 de junho de 2018.

SANTANA, N. C. B. **Qualidade das águas de chuva em João Pessoa-PB: Estudo comparativo com padrões de qualidade para reuso residencial.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa: 2012, 83p.

SILVA, S. T. B.; ARAÚJO, L. F.; ALMEIDA, A. J. G. A.; GAVAZZA, S.; SANTOS, S. M. Comportamento de dispositivos de desvio das primeiras águas de chuva como barreiras sanitárias para proteção de cisternas. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 3, p. 1-11, 2017.

SINDUSCON SP – SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE SÃO PAULO. **Conservação e reuso de água em edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016.** Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 220 p.: il.

SOETHE, G. C. **Desinfecção de águas cinzas pelos métodos de cloração e radiação ultravioleta para fins de reuso não potável.** Dissertação (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: 2013, 70 p.

TRINDADE, T. R.; SANT'ANNA, D. O.; ROMÉRO, M. A. **Práticas e críticas sobre manejo de águas pluviais em macrobacias e microbacias na região metropolitana de São Paulo.** In: NUTAU, 10., 2014, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Universidade de São Paulo, 2014. p. 1-14.

VESENTINI, J. W. **Brasil, sociedade e espaço.** 7. ed. São Paulo: Ática, 1999.

APÊNDICE A – RESULTADO COMPLETO DAS ANÁLISES DE QUALIDADE DAS AMOSTRAS NÃO TRATADAS

Tabela 18 - Resultados completos das análises de qualidade

Data	Amostra	Temperatura (°C)	pH	Salinidade (‰)	Condutividade (µs/cm)	Turbidez (FAU)	Cor real (PtCo)	Cor Aparente (PtCo)	SST (mg/l)	Coliformes (NMP/100 ml)	
										Totais	Termot.
30/Mai	Bruta	29	8,44	0,03	79,8	31	10	102	-	-	-
	Tratada	28	8,94	0,35	763	5	24	37	-	-	-
01/Jun	Bruta	28,2	8,77	0,02	58,8	37	16	112	29	-	-
	Tratada	28	8,84	0,33	722	15	25	58	19	-	-
02/Jun	Bruta	29,8	9,04	0,03	66	36	12	106	-	-	-
	Tratada	28,3	8,94	0,34	730	4	29	47	-	-	-
05/Jun	Bruta	28,8	9,11	0,03	70,6	29	22	120	36	-	-
	Tratada	27,8	9,03	0,33	709	5	30	43	9	-	-
06/Jun	Bruta	28,7	8,98	0,03	63,7	45	21	126	-	-	-
	Tratada	28	9,2	0,33	709	3	31	53	-	-	-
07/Jun	Bruta	29,5	9,03	0,03	68,3	29	5	115	102	-	-
	Tratada	27,9	9,03	0,33	701	4	21	27	59	-	-
08/Jun	Bruta	30,3	9,01	0,03	70,05	46	5	123	100	-	-
	Tratada	28,1	9,04	0,33	707	9	20	33	88	-	-
12/Jun	Bruta	31,9	8,86	0,03	80,8	43	10	99	-	-	-
	Tratada	28,5	8,84	0,32	690	17	25	26	-	-	-
13/Jun	Bruta	30,3	8,51	0,03	63,9	28	4	95	26	>2,4x10 ³	1,2x10 ³
	Tratada	28,3	8,5	0,31	670	10	33	34	24	>2,4x10 ³	1,0x10 ³
14/Jun	Bruta	30,8	8,48	0,03	73,5	27	16	155	194	-	-
	Tratada	27,7	8,93	0,31	679	9	56	61	177	-	-
15/Jun	Bruta	28,2	8,2	0,02	55,9	29	4	121	-	>2,4x10 ⁴	3,3x10 ²
	Tratada	26,9	8,86	0,32	665	17	24	68	-	8,6x10 ³	1,2x10 ²

Fonte: Autor (2018).

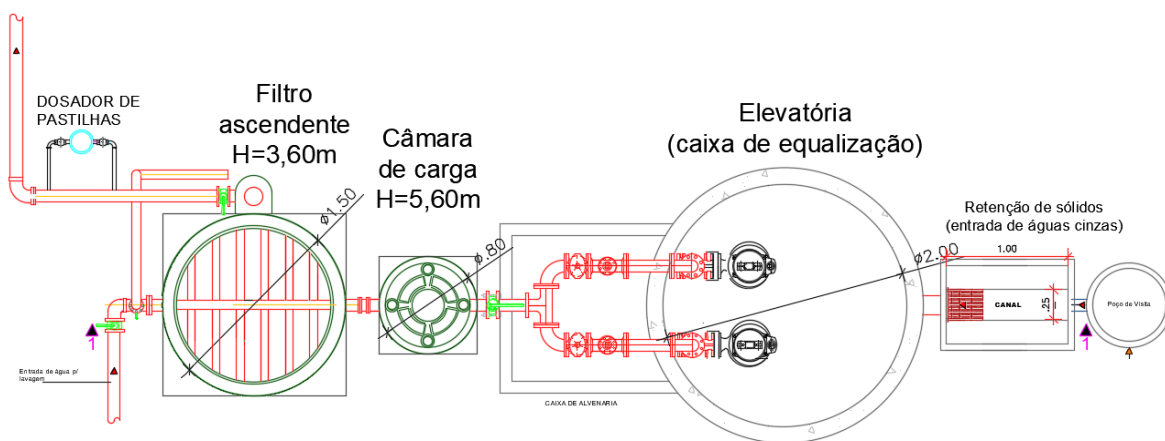
APÊNDICE B – SUGESTÕES PARA MELHORIA DA ETACP

• INCLUSÃO DE ETAPA DE DESINFECÇÃO NO TRATAMENTO

Como detalhado no tópico 4.2.6, as amostras de água tratada não atingiram o nível de qualidade desejado em relação aos Coliformes para o uso em descargas. Com o intuito de atingir esta meta, torna-se importante a inclusão de uma etapa de desinfecção no processo. Por tratar-se de um sistema simples, de baixa vazão e com afluente não muito poluído, uma solução possível é a adoção da cloração por pastilhas de hipoclorito de cálcio, semelhante ao previsto em projeto.

Neste tipo de modelo, coloca-se as pastilhas de hipoclorito no compartimento por onde será desviado parte do fluxo de água. A parcela da água que passará pelo compartimento é clorada pelo contato com as pastilhas. Ao voltar a tubulação principal, mistura-se com a parcela não clorada, desinfetando toda a água. A Figura 31 apresenta em planta o projeto da ETACP com a inclusão da etapa de desinfecção após a filtração.

Figura 31 - Planta da ETACP com inclusão de etapa de desinfecção.



Fonte: UFPE (2018).

Em pesquisa realizada por Soethe (2013), obteve-se resultados satisfatórios quanto a remoção de coliformes usando pastilhas de hipoclorito de cálcio. Partiu-se de um afluente com concentração, em UFC/100 ml, de $1,0 \times 10^{10}$ de coliformes totais e $1,0 \times 10^8$ de *Escherichia coli*. A água cinza utilizada era aditada de fezes e solução concentrada de *E. coli*. Em um dos testes executados no trabalho, ensaiou-se adicionando uma quantidade de hipoclorito que correspondia à concentração de 15mg/l de cloro ativo na amostra de água. Em um tempo de contato de 30 minutos atingiu-se as concentrações de 300 UFC/100ml e 3300 UFC/100ml para

E. Coli e coliformes totais, respectivamente. Foi atingida uma eficiência de mais de 99% para duas variáveis nesse tempo de contato. A concentração de Cl_2 residual foi de 0,79 mg/l. Para o tempo de contato de 60 minutos, o resultado foi ainda melhor, chegando-se à 100 UFC/100ml de *E. coli*, 400 UFC/100ml de coliformes totais e cloro residual de 0,8 mg/l.

Deve-se estar ciente da dificuldade de se replicar em maior escala os resultados de um estudo em escala de bancada. Apesar disso, considerando que o efluente da ETACP apresenta qualidade superior à das amostras do trabalho citado, a utilização das pastilhas de hipoclorito mostra-se promissora para atingir a qualidade desejada devido à sua eficiência comprovada. Destacando que segundo a NBR 13969:1997, o limite aceitável de coliformes fecais para o reuso em descargas é de 500 NMP/100ml, ou 455 UFC/100ml.

- INCLUSÃO DE SISTEMA DE SEPARAÇÃO DA PRIMEIRA ÁGUA PLUVIAL

Embora previsto no manual de especificações técnicas do projeto da edificação, a qual a ETACP faz parte, não foi implantado um sistema de separação da primeira água da chuva. Foi previsto a separação do primeiro volume precipitado correspondente a um litro por metro quadrado da cobertura principal, totalizando 1003 litros.

Uma alternativa para esta questão é a implantação de um dispositivo chamado DesviUFPE. De acordo com Alves *et al* (2014) *apud* Silva *et al* (2017), o DesviUFPE desvia 1 mm de água da lavagem da superfície de cada m^2 da área de captação. O acúmulo da água de lavagem da superfície de captação se dá em tubos verticais em PVC e só após estarem completamente cheios é que a água segue. A Figura 32 ilustra o processo.

Figura 32 - Ilustração do DesviUFPE.



Fonte: Silva *et al* (2017).

Na pesquisa realizada por Silva *et al* (2017), o DesviUFPE atendeu de forma satisfatória a sua finalidade de redução da concentração de sólidos totais a partir da retenção do primeiro volume captado de chuva – média de 76,8% de redução. Ainda causou redução em outras

variáveis analisadas – coliformes totais 99,7%; *E. Coli* 98,9%; cor real 47,16%; cor aparente 19%; e turbidez 14,1%.

A implantação desta etapa teria impacto direto na qualidade do afluento da ETACP e, por consequência, do seu efluente. O primeiro volume de água precipitado carrega partículas suspensas na atmosfera, além de sólidos depositados na cobertura, calhas e tubos. Desta maneira, separando esta parcela do volume captado, tem-se uma água com menos sólidos e menos matéria orgânica. As concentrações de coliformes e outros contaminantes biológicos também poderiam ser reduzidas, já que na cobertura de edificações é comum haver fontes de contaminação, como fezes de pássaros.

- **OUTRAS APLICAÇÕES PARA A ÁGUA DE REUSO**

Com a aplicação das sugestões apresentadas, e a elevação da qualidade do efluente da ETACP, é possível almejar outros empregos para a água de reuso após o tratamento. Com a melhoria das variáveis turbidez e coliformes termotolerantes para valores abaixo de 5 mg/l e 500 NMP/100ml, a água tratada pela ETACP passaria a classe 2 reuso, pela NBR 13.969:1997. Desta maneira, poderia ser utilizada para lavagem de piso e rega de jardim.

Nas semanas de recesso da universidade, haveria uma queda brusca da vazão produzida pela ETACP, mas haveria uma diminuição também da demanda das descargas, onde é utilizada a água de reuso. O estudo de viabilidade técnica da ETACP indica que a maior parte do volume tratado é proveniente das águas pluviais, uma média mensal de 179 m³ aproveitados. Já as águas cinzas aproveitadas atingiriam uma média mensal de 91 m³. Desta maneira, haveria um excedente de água proveniente da ETACP que poderia ser aproveitado além da utilização prevista no projeto.